

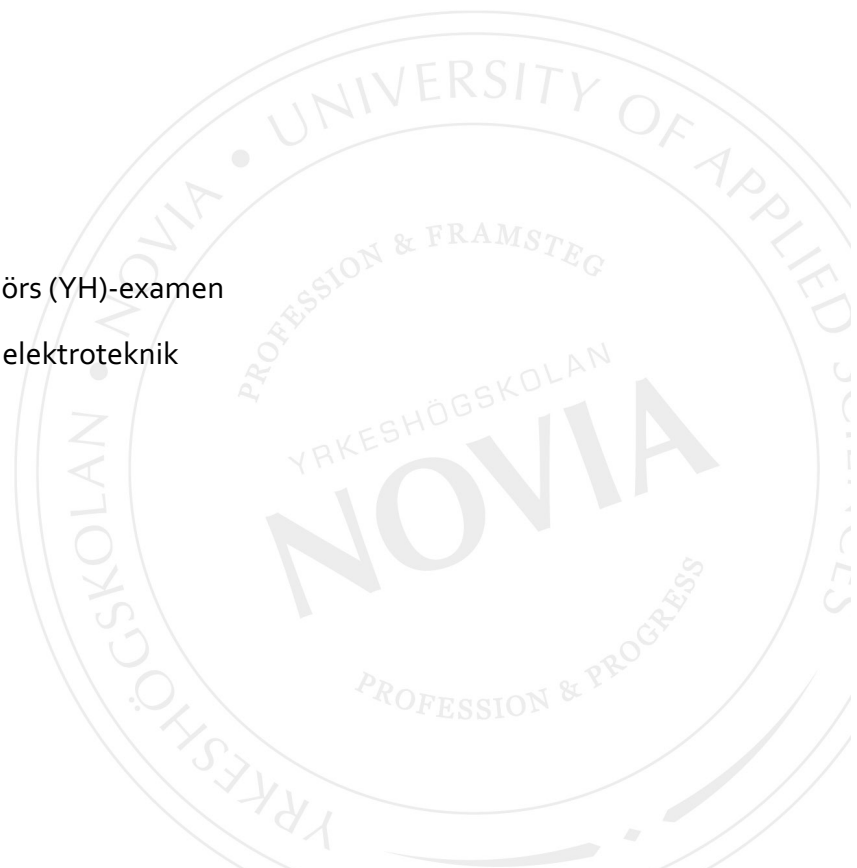
Eplan makroprojekt för VEKE 24 mellanspänningsställverk

Christopher Roddis

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen

Utbildningsprogrammet elektroteknik

Vasa 2017



EXAMENSARBETE

Författare: Christopher Roddis
Utbildning och ort: Elektroteknik, Vasa
Inriktningsalternativ: Elkraftsteknik
Handledare: Matts Nickull

Titel: Eplan makroprojekt för VEKE 24 mellanspänningsställverk

Datum 19.4.2017 Sidantal 33 Bilagor 3

Abstrakt

Detta examensarbete omfattar ett makroprojekt i elplaneringsprogrammet Eplan Electric P8. Arbetet gick ut på att rita VEO:s VEKE24 mellanspänningsställverk med tillhörande komponenter och sedan spara dem som makron i VEO:s databas. Ställverken ritades som enlinjescheman och i layout-format. Uppdragsgivaren för examensarbetet var avdelningen *Substations* på företaget VEO Oy.

Målet med detta arbete är att underlätta och snabba upp planeringsprocessen genom att skapa färdiga makron som planerarna kan använda sig av. Man ska snabbt kunna plocka ihop enlinjeschema- och layoutritningar genom att använda makrona. Målet är även att ställverksritningarna blir standardiserade, vilket betyder att samma typ av ställverk ser exakt likadana ut på alla ritningar. Med färdiga makron för enlinjeschema på ställverken kan också till exempel försäljningen snabbt bygga ihop huvudritningar vid offereringskedet genom att bara plocka in dem. På längre sikt är detta arbete ett steg mot VEO:s mål att använda Eplan Electric P8 istället för AutoCAD vid layoutplanering av olika projekt.

I examensarbetets teoridel behandlas elnätets och elstationens uppbyggnad, ställverk och dess komponenter samt Eplan. Resultatet blev färdiga enlinjeschema- och layoutmakron för VEKE 24 ställverken.

Språk: svenska Nyckelord: Eplan, makro, elstation, ställverk

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Christopher Roddis
Koulutus ja paikkakunta: Sähkötekniikka, Vaasa
Suuntautumisvaihtoehto: Sähkövoimatekniikka
Ohjaaja: Matts Nickull

Nimike: Eplan makroprojekti VEKE 24-keskijännitekojeistolle

Päivämäärä 19.4.2017 Sivumäärä 33

Liitteet 3

Tiivistelmä

Tämä opinnäytetyö sisältää makroprojektin, jossa käytetään sähkösuunnitteluohjelmistoa Eplan Electric P8. Työssä piirretään VEO:n VEKE 24-keskijännitekojeistoa sekä siihen kuuluvia komponentteja ja tallentaa ne VEO:n tietokantaan. Makrot piirretään sekä single-line- että layout-muodossa. Opinnäytetyön toimeksiantaja on yhtiö VEO Oy:n osasto *Substations*.

Opinnäytetyön tarkoituksena on helpottaa ja nopeuttaa suunnitteluprosessia luomalla valmiita makroja, joita suunnittelijat voivat käyttää työssään. Tarkoituksena oli myös standardisoida kojeistojen piirustukset mikä tarkoittaa että samantyyppiset kaaviokuvat näyttävät täsmälleen samanlaisilta kaikissa piirustuksissa. Valmiilla single-line-kaaviokuvilla voivat esimerkiksi myyjät tarjoustilanteessa nopeasti rakentaa piirustukset asiakkaalle, poimimalla erilaisia makroja piirustukseen. Pitkällä tähtäimellä tämä työ on askel VEO:n tavoitteeseen käyttää Eplan Electric P8-sähkösuunnitteluohjelmistoa AutoCAD-ohjelman sijasta projektien layout-suunnittelussa.

Opinnäytetyön teoriaosassa käsitellään sähköverkon ja sähköaseman rakennetta, kojeistoa ja sen rakenneosia sekä Eplan-ohjelmaa. Tuloksena on valmiit layout-makrot ja single-line-kaaviot VEKE 24-kojeistolle.

Kieli: ruotsi

Avainsanat: Eplan, makro, sähköasema, keskijännitekojeisto

BACHELOR'S THESIS

Author: Christopher Roddis
Degree Programme: Electrical Engineering, Vaasa
Specialization: Electrical Power Engineering
Supervisor: Matts Nickull

Title: Eplan Macroproject for VEKE 24 Medium Voltage Switchgears

Date April 19, 2017 Number of pages 33 Appendices 3

Abstract

This bachelor's thesis comprises a macro project in Eplan Electric P8. The purpose of the thesis was to draw VEO's medium voltage switchgear VEKE 24 and components related to the switchgear and save them as Eplan macros. The macros were created as both single-line and layout drawings. The department for substations at VEO Oy commissioned this thesis.

The goal of the project was to speed up the planning process by creating macros that the planners can use. The goal was also to standardize the drawings, which means that the same type of switchgear looks the same on all drawings. With complete single-line diagrams of the switchgears, someone for example at the sales department can quickly build a single-line diagram of a substation by simply adding different macros. In the long term, this thesis is a step towards the situation that all substation related layout planning is made in Eplan Electric P8 instead of AutoCAD.

The theoretical part of the thesis deals with the structure of the substation and its main components, the electrical grid in Finland and the basic functions of Eplan. The result of the thesis were single-line and layout drawings for the VEKE 24 medium voltage switchgears.

Language: Swedish Key words: Eplan, macro, substation, medium voltage switchgear

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Bakgrund.....	1
1.2	Målsättning	1
1.3	Avgränsning.....	2
1.4	Uppdragsgivare.....	3
2	Teori.....	4
2.1	Elnätets uppbyggnad	4
2.2	Elstationer	4
2.3	Ställverk	5
2.4	Skensystem	8
2.5	Brytare	10
2.6	Frånskiljare.....	11
2.7	Skyddsrelä.....	12
2.8	Mättransformatorer	12
2.9	Ventilavledare.....	13
3	EPLAN	15
3.1	Eplan Electric P8.....	15
3.2	Typ av projekt.....	16
3.3	Eplan navigator	16
3.4	Automatiska rapporter	17
3.5	Makron.....	19
3.6	Makrons presentationssätt och varianter	19
4	Praktiskt genomförande	21
4.1	Projektets avgränsning.....	21
4.2	Generering av makron	21
4.3	Import/Export av ritningar till Eplan.....	27
5	Resultat.....	29
6	Diskussion.....	30
7	Källförteckning.....	32

Bilagor

1 Inledning

Detta examensarbete har gjorts åt VEO:s *Substations*-avdelning. Arbetet omfattar ett makroprojekt i elplaneringsprogrammet Eplan Electric P8. Arbetet har gått ut på att rita VEO:s VEKE 24 mellanspänningsställverk med tillhörande komponenter och sedan spara dem som makron i VEO:s databas. Ställverken har ritats som enlinjescheman och i layoutformat.

1.1 Bakgrund

Efterfrågan på elstationer har ökat en hel del på VEO de senaste åren. På *Substations*-avdelningen har detta märkts genom att antalet projekt och offertförfrågningar ökat avsevärt. Orsakerna till att efterfrågan ökat är flera. Under de senaste åren har det skett en uppgång i investeringar i vindkraftsprojekt i Norden, vilket resulterat i att många nya elstationer byggts. Det har även investerats mycket i moderniseringar av äldre stationer, vilket även fört med sig en del projekt. VEO har också på senare tid lyckats med att ta sig in på den nordiska marknaden, vilket märkts tydligt i och med att en stor del av projekten idag finns i både Sverige och Norge. Tidigare hade VEO nästan enbart projekt i Finland.

Eftersom planerings- och offereringsprocessen för projekten ofta är tidskrävande, krävs det att även de utvecklas i takt med att arbetsmängden ökar. Storleken på elstationer varierar mycket mellan projekten. Utifrån projektets huvudschema kan man snabbt få en överblick över projektets omfattning och därifrån räkna ut antalet huvudkomponenter som skall ingå i elstationen. Genom att skapa färdiga makron för ställverk och flera komponenter, underlättas detta arbete.

1.2 Målsättning

Målet med detta arbete är att underlätta planeringsprocessen genom att skapa färdiga makron som alla planerare kan använda sig av. VEO försöker övergå till att använda Eplan så mycket som möjligt istället för andra planeringsprogram, såsom AutoCAD. Idag ritas nästan alla layoutritningar i AutoCAD och kretsscheman i Eplan. Eplan är databasbaserat, vilket gör att det skulle vara smidigare att få alla komponenter sparade i en och samma databas. Eftersom enlinjeschema- och layoutplanering tidigare skett i AutoCAD, så finns inte de makron som behövs sparade för att planeringen skall fungera smidigt i Eplan. Målet är därför också att ställverksritningarna blir standardiserade, vilket betyder att samma typ

av ställverk ska se exakt likadana ut på alla ritningar. I dagsläget har planerarna ritat in komponenterna skilt i ställverken. Med färdiga makron för enlinjeschema på ställverken kan också till exempel försäljningen snabbt bygga ihop huvudritningar vid offereringsskedet genom att bara plocka in dem.

1.3 Avgränsning

Detta arbete behandlar VEKE 24 mellanspänningsställverk med tillhörande komponenter. Olika variationer av ställverken ritas i layout-format och som enlinjeschema i Eplan Electric P8 och sparas som makron. Med hjälp av makrona byggs sedan en modell av en elstations mellanspänningsställverk för att prova hur väl de fungerar vid projektplanering. Arbetet behandlar inte utomhusställverk, eftersom det har gjorts examensarbete på detta tidigare. På längre sikt är detta arbete ett steg mot VEO:s mål att använda Eplan Electric P8 istället för AutoCAD vid enlinjeschema- och layoutplanering av olika projekt.

1.4 Uppdragsgivare

När de tre stora jättarna inom energibranschen – ASEA, Brown Boveri och Strömberg slogs samman år 1986 blev man orolig för den inhemska energibranschens framtid. Kunderna blev oroliga att priserna skulle stiga och att stora delar av energibranschen skulle flyttas utomlands. Grundarna bakom VEO ville behålla och utveckla energibranschen i Finland och grundade därmed Vaasa Engineering Oy den 6 december 1989 i Vaasa, Finland. VEO fick sina första beställningar från Savon Voima för ett vattenkraftverksprojekt och ett dieselmotorsverk i Mecka från Wärtsilä. I dagsläget har VEO sitt huvudkontor samt fabriksbyggnad i Runsor, Vaasa. Företaget har även kontor på andra orter i Finland, samt försäljningskontor i Sverige och Norge. VEO erbjuder automations- och elektrifieringslösningar för energiproduktion, distribution och processer inom industrin till kunder världen över. Projekten är ofta nyckeln-i-hand baserade, vilket betyder att VEO sköter allt från markarbetet till själva ibruktagningen av projektet. År 2015 hade VEO ca 350 anställda och en omsättning på ca 74 miljoner euro (VEO Oy, 2016).

Detta examensarbete har utförts på *Substations*-avdelningen. Avdelningen sköter elstationsprojekt och levererar nyckelfärdiga projekt. Avdelningen erbjuder även anläggningsmoderniseringar, underhåll och systemuppdateringar. Marknaden för elstationerna är främst i Norden och den största delen av projekten är i Finland, Sverige och Norge.



Figur 1. VEO:s huvudkontor i Runsor, Vaasa.

2 Teori

Detta kapitel behandlar teorin och referenskunskapen som examensarbetet baserar sig på. Teoridelen behandlar eldistributionsnätets uppbyggnad, elstationer och elstationernas huvudsakliga komponenter.

2.1 Elnätets uppbyggnad

I Finland kan elnätet indelas i tre olika kategorier; stamnät, regionnät och distributionsnät. Stamnätet används vid långa överföringsförbindelser och höga överföringseffekter. För att minska överföringsförlusterna är spänningen hög, som lägst 110 kV och som högst 400 kV. Som högst är denna spänning ca 2000 gånger högre än den som finns i husens stickkontakter. Eftersom överföringsavstånden oftast är långa, skulle användningen av jordkablar till stamnätet bli oskäligt dyr, vilket är orsaken till att största delen av stamnätet består av luftledningar. (Finsk energiindustri, 2016)

Regionnäten ansluter till stamnätet och överför elektricitet regionalt, till exempel i vissa län. Skillnaden mellan region- och distributionsnät är spänningsnivån. Regionnäten har en spänning på 110 kV, medan distributionsnätets spänning ligger på 20, 10, 1 eller 0,4 kV. De lägsta spänningarna på högst 1 kV kallas för lågspänning, medan de högre spänningarna benämns mellanspänning (1–70 kV) eller högspänning (110–400 kV). I Finland finns det ca 20 700 km högspänningsnät, 13 7000 km mellanspänningsnät och 232 400 km lågspänningsnät (Finsk energiindustri, 2016; Fingrid, 2016).

2.2 Elstationer

Man kan säga att elstationer är knutpunkter i elnätet där kraftledningar möts. Elektriska energin mellan ingående ledningar och utgående ledningar sammankopplas, dirigeras, övervakas och transformeras på ett säkert sätt. De vanligaste typerna av elstationer som förekommer i elnätet är kraft-, transformator- och kopplingsstationer (Åström, 2015, s. 5).

En kraftstation är en anläggning som producerar elektrisk energi och matar ut det i elnätet. Det vill säga den omvandlar en annan form av energi till elektrisk energi med hjälp av en generator.

Transformatorstationernas uppgift är att transformera spänningar mellan olika nivåer. Den vanligaste uppgiften för transformatorstationer är att omvandla elen till en lägre

spänningsnivå och fördela ut den till mindre ledningar i elnätet. Det är dessa stationer som sammankopplar stamnätet, regionnätet och distributionsnätet. Det finns även så kallade step-up transformatorstationer som höjer på spänningen. Dessa är vanliga vid stora industrier såsom pappersbruk och stålfabriker (ABB, 2016).

En kopplingsstation verkar på samma spänningsnivå. I dessa dirigeras, övervakas och vid behov fränkopplas olika ledningar.

2.3 Ställverk

Ett ställverk är oftast den del av elstationen där den elektriska energin samlas och fördelas. I ställverken sker omkopplingar, fränkopplingar vid fel, kommunikation med driftcentralen samt mätningar av den elektriska energin. Ställverken har något olika funktioner beroende på om de ingår i fördelningsstationer, mottagningsstationer eller produktionsanläggningar. Man brukar dela in ställverken i luftisolerade ställverk (AIS) och gasisolerade ställverk (GIS) (Blomqvist, 2003, s. 157).

Gasisolerade ställverk används ofta i tätorter och stadsbebyggelse eftersom de tar litet utrymme jämfört med luftisolerade ställverk. GIS-ställverk kan byggas in i en byggnad och tar vanligtvis endast 10–15 % av utrymmet som ett öppet AIS-ställverk kräver. Fördelarna med GIS-ställverk är att de arbetar oberoende av klimatförhållanden. De kan användas till exempel där saltbeläggningar eller andra miljöföroreningar skulle orsaka överslag på luftisolerade ställverks isolatorer. Andra fördelar med GIS-ställverk är att de kräver litet underhåll och har snabbare monterings- och leveranstid, eftersom de levereras som kompletta enheter (Blomqvist, 2003, s. 165–166).

Det finns även nackdelar med GIS-ställverk. Svavelhexafluorid, SF₆-gasen som används som isoleringsgas, är en av de starkast verkande växthusgaserna. Ett kilo av ämnet har ungefär lika stor effekt som 22 800 kg koldioxid (Naturvårdsverket). Gasen används eftersom den har goda egenskaper både som isolationsmedel och som släckningsmedium i brytare. Gasen har ca tre gånger bättre isolationsförmåga jämfört med luft och är ca 100 gånger bättre på att släcka ljusbågar (Bolin, 1998). I gasisolerade ställverk brukar SF₆-gasen ha ett tryck på ca 0,3–0,5 MPa. Om- och tillbyggnad av gasisolerade ställverk är även mer problematiska än luftisolerade ställverk. Priset på dessa är även normalt högre (Blomqvist, 2003, s. 166).

De huvudsakliga komponenterna som utgör ett ställverk är fränskiljare, brytare, mättransformatorer, skyddsutrustning och samlingsskenor.

Detta arbete behandlar endast mellanspänningsställverk. Mellanspänningsställverk innehåller i stort sett samma komponenter som högspänningsställverk (utomhus). I de flesta fallen är det endast fränskiljaren som fattas. Den har ersatts med en utdragbar vagnbrytare som ger samma funktion.

VEO:s mellanspänningsställverk VEKE 24 är ett luftisolerat metallkaplat mellanspänningsställverk med en utdragbar vakuumbrytare (kap 2.5). Ställverket är tillverkat och utvecklat av VEO i Runsor för att användas i elstationer, kraftverk och industriella eldistributionsanläggningar. Ställverket är utrustat med ett ljusbågsvaktsystem för snabb fränkoppling vid ljusbåge och uppfyller följande standarder:

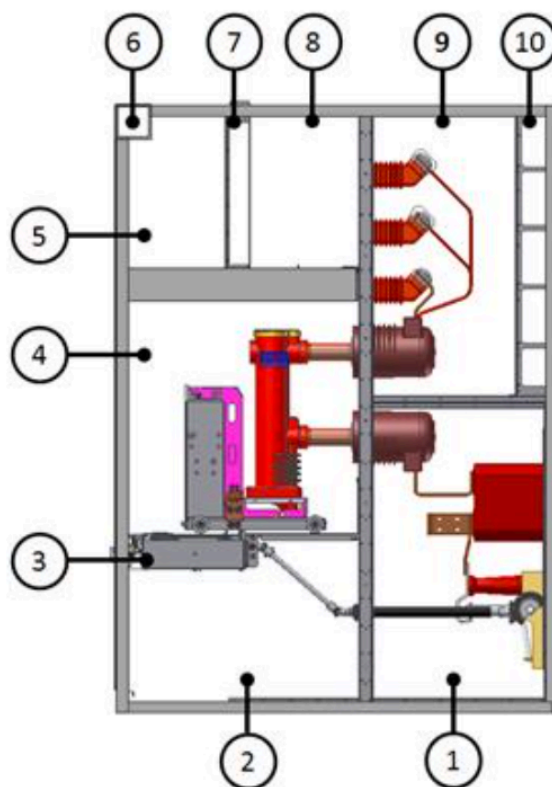
- IEC 62271–200 Ställverk.
- IEC 62271-1 Gemensamma specifikationer.
- IEC 62271–100 Brytare.
- IEC 62271–102 Jordningsbrytare.
- IEC 60044-1 Strömtransformatorer.
- IEC 60044-2 Spänningstransformatorer.
- IEC 60529 Skyddsklasser.

Switchgear		
Rated voltage U_r	12	kV
Rated frequency f_r	50	Hz
Rated power frequency withstand voltage U_d	28	kV
Rated lightning impulse withstand voltage U_p	75	kV
Busbar System		
Rated current I_r	1250	A
Rated short-time withstand current I_k	25	kA, 1 s
Rated peak withstand current I_p	63	kA
Material	Copper	

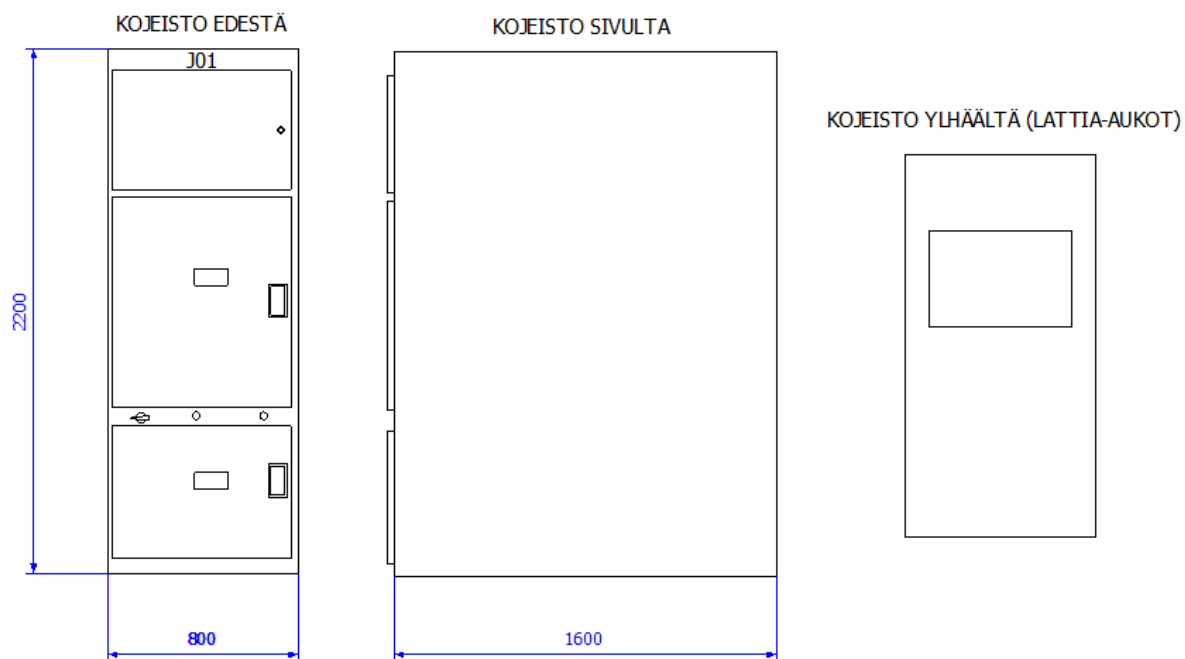
Figur 2. VEKE 24 teknisk data (VEO Oy).

Ställverket är byggt av stål och 2 mm galvaniserade stålplattor och kan delas in i fyra sektioner, vilket kan ses i figur 3. Det kan även enkelt byggas ut åt båda hållen.

1. Kabelgång.
2. Kabelfack.
3. Manöverenhet.
4. Vagnbrytarfack.
5. Lågspänning för kontrollkrets och reläfack.
6. Kabelkanal för lågspänningskablar.
7. Ventilationskanal.
8. Ljusbågsavlastningskanal.
9. Skenfack.
10. Kabelkanal/Tryckavlastningskanal.



Figur 3. Huvudkomponenterna i ett VEKE 24 ställverksfack (VEO Oy).



Figur 4. Ställverkets dimensioner i mm. Ställverk med bredden 1000 mm byggs också.

2.4 Skensystem

Det finns ett flertal olika principer för hur ett ställverks skensystem skall konstrueras. De vanligaste skensystemen som används inom elstationer är följande:

- enkelskena.
- dubbelskena, enkelbrytare.
- dubbelskena, dubbelbrytare.
- ringskena.
- 1 ½-brytarschema.

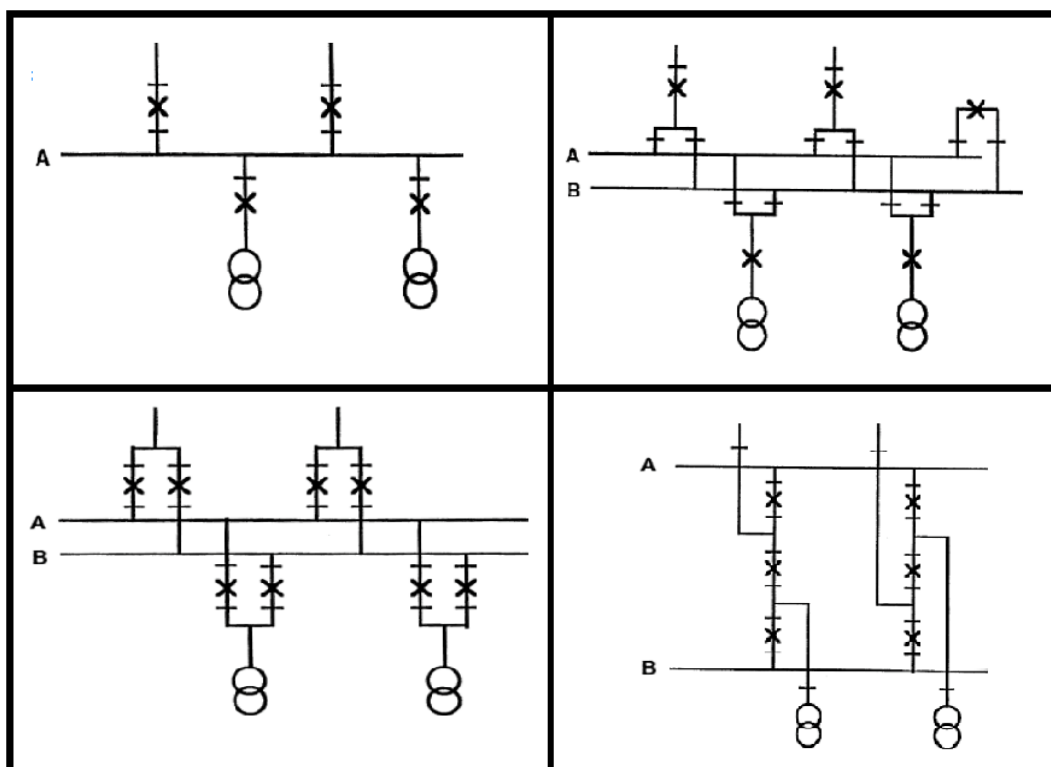
(Bolin, 1998, kap. 5.2; Siemens, 2017).

Den enklaste modellen av dessa är enkelskenan som består av en samlingsskena med en brytare och en fränkiljare per utgång. Uppbyggnaden är ekonomisk, men har låg driftsäkerhet. Vid fel eller underhållsarbete på samlingsskenan tas hela stationen ur bruk. Vid brytarfel eller underhåll kopplas den aktuella utgången helt bort. P.g.a. den låga driftsäkerheten och flexibiliteten vid underhåll bör denna modell endast användas vid elstationer med låga belastningar och låga krav på tillgänglighet (Åström, 2015, s. 6).

I dubbelskenskonstruktionerna kan man utföra underhållsarbete på en av huvudskenor utan att det stör elstationens funktion. Man kan även sammankoppla skenorna med en sektioneringsbrytare. Med denna kan man begränsa kortslutningseffekten och omfattningar av en störning samt även flytta över belastningar från den ena huvudskenan till den andra (Blomqvist, 2003, s. 159). I konstruktionen dubbelskena-enkelbrytare används två huvudskenor, två fränkiljare och en brytare per utgång medan man i dubbelskena-dubbelbrytare använder fyra fränkiljare och två brytare per utgång. Dubbelbrytar konstruktionen ger en väldigt hög driftsäkerhet, men kostar mycket att bygga eftersom det ingår betydligt fler komponenter i systemet. Den kräver även mer utrymme än de andra systemen. Med två brytare per utgång kan man utföra underhållsarbete på en av brytarna utan att koppla bort utgången. Detta system används när det krävs hög driftsäkerhet och korta avbrottstider. (Bolin, 1998, kap.5.2).

Ett ringschema består av fyra brytare arrangerade i en ring, med utgångarna placerade mellan brytarna. I detta arrangemang kan man utföra underhållsarbete på en av brytarna

utan att det stör elförsörjningen på någon av utgångarna. För att stationens funktion ska störas krävs det att två brytare utlöses. Ett ringschema kan även byggas ut till ett $1\frac{1}{2}$ -brytarschema. Ett $1\frac{1}{2}$ -brytarschema har två huvudskenor med brytare placerade mellan skenorna. Utgångarna placeras mellan brytarna vilket gör att enstaka brytare eller ena huvudskenan kan tas ur drift utan att det stör elförsörjningen. $1\frac{1}{2}$ -brytarschemat är ett driftsäkert system som är billigare att bygga än ett dubbelbrytarsystem. Det går även att bygga ut efter behov.



Figur 5. Skensystem, enkelskena, dubbelskena-enkelbrytare, dubbelbrytare och $1\frac{1}{2}$ -brytarschema (ABB, 2016).

2.5 Brytare

Brytaren är en komponent i ställverket som används för att bryta och sluta strömkretsar. För att den skall kunna bryta stora strömmar krävs brytarkonstruktioner som är baserade på ett medium som klarar av att släcka uppkommande ljusbågar. När en strömkrets bryts så bryts inte strömmen genast då kontaktytorna skiljs, utan den hålls intakt i form av en ljusbåge. Före kontaktytorna skiljs åt helt, flyter all ström genom sista stället där ytorna har kontakt. Detta gör att resistansen ökar och ytorna värms upp. De sista kontaktytorna smälter och när de skiljs åt bildas en bro av smält metall mellan ytorna. Sedan förångas metallbron och den och dess omgivning joniseras, vilket gör att det bildas en ledande gasplasma som strömmen flyter genom. Det är detta som är ljusbågen.

För att en brytare skall fungera måste den ha tillräckligt bra isolation från den matande sidan till den spänningslösa sidan så att det inte finns risk för överslag. Dess kontaktytor bör även klara av de stora termiska påfrestningar som uppstår när brytaren manövreras.

Brytare manövreras antingen manuellt eller via styrsignal från ett skyddsrelä. Den vanligaste automatiska funktionen är öppning av en krets vid överström. De brytare som installeras i nyinstallationer är oftast SF₆-brytare och vakuumbrytare, men även olje- och luftbrytare används. Några krav som ställs på brytare är följande:

- Den ska klara av kontinuerlig drift med märkström och brytning av en maximal kortslutningsström vid direkt kortslutning på klämmorna.
- Den bör klara av att bryta alla strömmar mellan noll och den maximala kortslutningsströmmen (som är flera gånger större än märkströmmen).
- Den bör klara av inkoppling av stötströmmar av höga frekvenser.
- Den bör klara av brytning av kapacitiva och induktiva strömmar.

(Blomqvist, 2003, s. 169-170; Blume, 2007, s. 82).

Brytarna som används vid VEO:s mellanspänningsställverk är av typen vakuumbrytare. Vakuum har bättre isolationsförmåga än luft, men sämre än olja och SF₆-gas. Brytaren används i mindre ställverk och konkurrerar med SF₆-brytare vid spänningar upp till 36 kV. Den är dyrare, men har längre revisionsintervall och lämpar sig bra i installationer där kopplingsfrekvensen är hög. Den slutna konstruktionen gör att den passar i en korrosiv och explosiv miljö. Funktionsprincipen för dessa brytare är att kontakterna placeras i högvakuum med ett gastryck på ca 10⁻⁹ bar. När kontakterna öppnas, klarar ingen

märkström att flyta genom vakuuet. Genom en speciell utformning av kontakterna, tvingas ljusbågar att rotera, vilket gör att ljusbågsfotpunkten inte når kontaktmaterialets smältpunkt. Därför hinner inte någon större kontaktavbränning ske.

Några fördelar med vakuumbrytaren är att det inte finns någon återtändningsrisk vid brytning av kondensatorbatterier. Den tål även kondensatorinkoppling vid parallella batterier. Vid brytning av stora strömmar uppstår inga högre temperaturer vilket gör att den är lämpad för flera återinkopplingscykler. Några nackdelar med brytaren är att den saknar tryckövervakning, den har en viss klippningstendens som ger överspänningar vid brytning av induktiva kretsar och att den kan även kräva överspänningskydd vid motorbrytning. Som tidigare nämndes är den även dyrare att köpa jämfört med en SF6-brytare (Blomqvist, 2003, s. 175–176).

2.6 Frånskiljare

Frånskiljaren är en apparat som insätts för att underlätta och öka säkerheten vid underhålls- och ändringsarbeten. Dess uppgift är att frånskilja spänningsförande delar på ett synligt och säkert sätt. Grundregeln i säkerhetsföreskrifterna för frånskiljare är att man tydligt ska kunna se att den anläggningsdel som det skall utföras arbete på är skild från spänningsförande delar. I kapslade anläggningar där man inte ser själva frånskiljaren tillåter föreskrifterna att det synliga brytstället ersätts med en tillförlitlig lägesindikering.

Den enklaste konstruktionen av frånskiljaren per fas är en balk med två isolatorer. Mellan isolatorerna finns en rörlig kniv som förs in och dras ut ur en kontaktyta på ena isolatorn. På grund av sin konstruktion tillåter inte frånskiljare brytning av belastningsström utan endast vid mycket låga strömmar, dock ofta vid full spänning. För att undvika skador och olyckor installeras vanligtvis blockeringar och låsningar som gör att man inte kan manövrera frånskiljaren då till exempel tillhörande kretsens brytare är slutna eller underhållsarbete pågår. Utomhusfrånskiljare som manövreras från marken förses även alltid med lås för att undvika obehörig manövrering.

Vid mindre anläggningar och lägre spänningar manövreras frånskiljare oftast för hand. I anläggningar med högre spänningar brukar frånskiljarna manövreras med motormanöverdon. Det skall dock alltid finnas möjlighet till handmanövrering.

Frånskiljaren placeras normalt före brytaren sett från den matande sidan. Om matning kan ske från båda hållen placeras frånskiljare på båda sidorna om brytaren.

Då man installerar frångiljare vid högspänningsställverk är det även vanligt att man kombinerar frångiljaren med en jordningskopplare (Blomqvist, 2003, s. 178–179; Råholm, 2016, s. 6).

2.7 Skyddsrelä

Ett skyddsrelä är ett relä eller en relägrupp som tillsammans med tillbehör, vanligtvis någon typ av vakt eller brytare utgör den övervakande och feldetekterande delen av ett skyddssystem. Man kan säga att skyddsreläet i praktiken fungerar som en automatsäkring, fast mycket smartare. Det ser till att strömmen blixtnabbt slås ifrån och skyddar därmed både apparater och människor. Utan skyddsrelä skulle apparaterna vara utlämnade för störningar och haverier, och människor skulle utsättas för risken att skadas av höga spänningar. De ser helt enkelt till att vi har en säker och tillförlitlig elförsörjning. Skyddsreläets primära uppgifter är att övervaka en viss anläggningsdel (strömkrets) och kunna detektera när fel inträffar. Som följd av förändringar i kretsen har skyddsreläet i uppgift att utföra en bortkoppling, styrning eller indikering i samma eller en annan strömkrets. Skyddsreläet kan övervaka en eller flera storheter och om någon av dessa skulle överstiga det inställda värdet på reläet, startar reläet för att sedan indikera, vänta eller koppla bort kretsen. (ABB, 2016; Blume, 2007).

Ett skyddsrelä bör även kunna fungera selektivt. Med detta menas att om ett fel uppstår så kopplas endast den felaktiga delen av nätet bort. Detta görs för att minimera antalet kunder som drabbas av felet och underlättar även vid felsökningen då man söker orsaken till felet (Kanckos, 2011, s. 5–6).

2.8 Mättransformatorer

Mättransformatorer delas in i spänningstransformatorer och strömtransformatorer. Dessa används vid mätning av höga växelspanningar (> 1 kV) och större strömmar (> 10 A). I ställverk används de för att övervaka systemets ström- och spänningsnivåer samt även omvandla de primära spänningarna och strömmarna till sekundära, så att passar ihop med mätinstrument och övrig kontroll- och skyddsutrustning som används. De har en mycket noggrant bestämd omsättning, och primärspänningen och primärströmmen erhålls ur följande formler under ideala förhållanden:

$U_1 = U_2 \times \frac{N_1}{N_2}$, där U_1 = primärspänningen, U_2 = sekundärspänningen $\frac{N_1}{N_2}$ = omsättningen

$I_1 = I_2 \times \frac{N_2}{N_1}$, där I_1 = primärströmmen, I_2 = sekundärströmmen $\frac{N_1}{N_2}$ = omsättningen

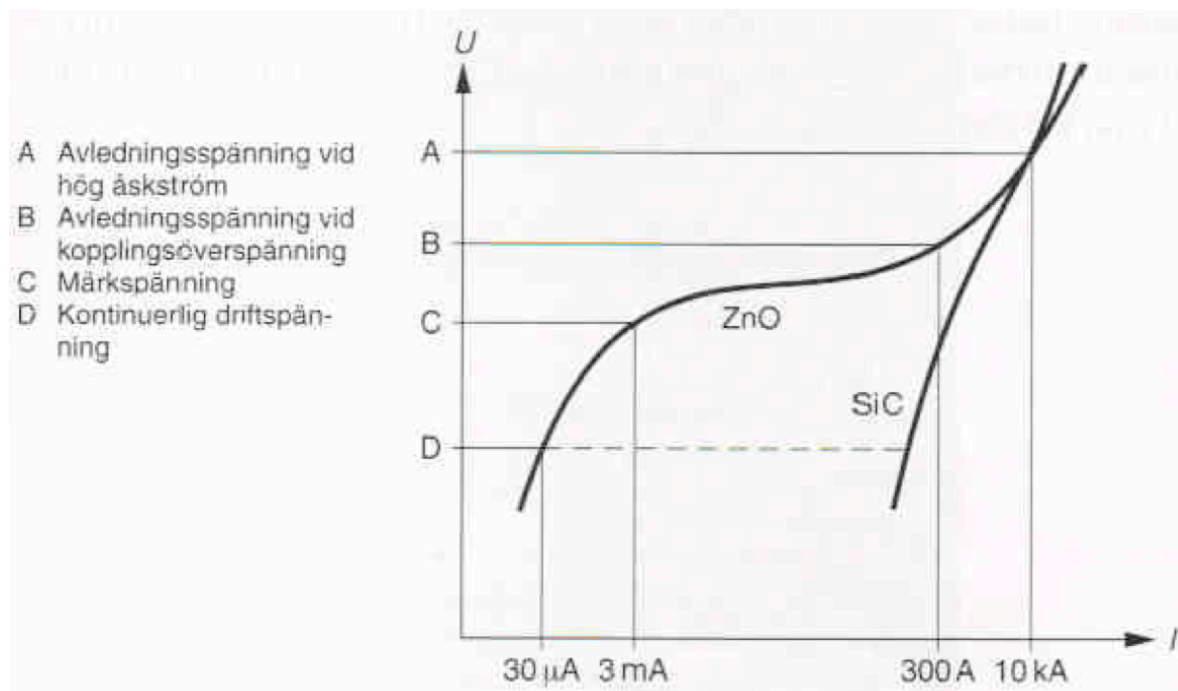
Mättransformatorerna transformerar höga spänningar och strömmar till låga spänningar och strömmar i ett exakt förhållande som står i transformatorns märkdata. Detta görs för att elstationens kontroll- och skyddsutrustning inte skall ta skada. Största delen av mättransformatorerna bygger på helt vanlig transformorteknologi. De använder sig alltså av elektromagnetisk induktion. En mättransformator består av en oljefylld konstruktion med hög spänningshållfasthet som använder folie- och papperskärmar impregnerade med vattenfri och gasfri transformatorolja. Även spänningsstyrda skärmade konstruktioner isolerade med SF₆-gas används (Alfredsson, 2012; ABB, 2016).

2.9 Ventilavledare

När det gäller överspänningsskydd är ventilavledaren en viktig komponent. Ventilavledare används för att skydda utrustning i ställverk mot inkommande överspänningar som kan bero på t.ex. ett åsknedslag eller kopplingar i nätet (Blomqvist, 2003, s. 185). Ventilavledarens funktion går ut på att leda ström direkt till jord om en tillräckligt stor överström uppstår. För att ventilavledare skall fungera måste materialet som de är gjorda av ha en starkt spänningsberoende karakteristik så att resistansen snabbt sjunker då spänningen ökar. Förr användes kiselkarbid (SiC) som huvudbeståndsdel, medan man idag använder zinkoxid (ZnO). Vid kiselkarbid uppstår höga läckströmmar under normal driftspänning, vilket orsakar skadliga temperaturhöjningar på ventilavledaren. Dessa måste därför alltid förses med ett gnistgap (Pettersson, 2012, s. 19).

Zinkoxid har en starkt icke linjär ström- och spänningskaraktistik, vilket gör att man kan utesluta gnistgapet på ventilavledare som är byggda av detta. Den läckström som uppstår under kontinuerlig driftspänning är så pass liten (i mikroampereområdet) att den kan anses vara försumbar. Ventilavledare med zinkoxid som huvudbeståndsdel består av ett antal seriekopplade motståndsblock. Höljet på ventilavledare består antingen av porslin eller silikongummi. I dagsläget används silikongummi betydligt oftare då det ger ett bättre skydd mot smuts samtidigt som en eventuell explosionsrisk vid ljusbåge kan undvikas då silikongummit bränns sönder i stället för att ett farligt övertryck uppstår i höljet (Pettersson, 2012, s. 19).

För att förstå karaktärsskillnaden mellan de två materialen, se figur 6. (Blomqvist, 2003, s. 185).



Figur 6. Ström- och spänningskaraktär för SiC- och ZnO-element (Blomqvist, 2003, s. 185)

Placeras en ventilavledare i samband med en transformator bör den placeras så nära transformatorn som möjligt och i transformatorns neutralpunkt om den är tillgänglig och inte direktjordad. Ventilavledaren bör även jordas till stationsjorden med kortast möjliga ledare och detta gäller även för ledaren från fasen till ventilavledaren. Transformatorlådan måste även förbindas till samma jord som ventilavledaren (Blomqvist, 2003, s. 188).

3 EPLAN

Eplan är ett planeringsprogram som är utvecklat av det tyska företaget Eplan Software & Service GmbH, som ingår i företagsgruppen Friedhelm Loh Group. Eplan erbjuder branschspecifika moduler för olika industrier, vilket gör att det användas inom många olika industrier. Det finns ingen standardversion av programmet, utan det skräddarsys enligt företagets behov. Eplan används bl.a. inom fordonsindustrin, livsmedelsindustrin, olje- och gasindustrin samt elindustrin. Programmet grundar sig på databaser med makron, det vill säga färdiga objekt och ritningar med tillhörande kopplingsscheman och information. Eplan består även av en internetbaserad dataportal där företag kan lägga in egna makron på deras komponenter. Därifrån kan sedan planeraren ladda ner makrona till företagets interna databas för planering (Eplan, 2016; Lindblad, 2016).

Eplan grundades år 1984 och har i dagsläget närvaro i över 50 länder hela världen över. Mer än 45 000 kunder använder sig av Eplans program och över 120 000 licenser är aktiva (Eplan, 2016).

3.1 Eplan Electric P8

Versionen som används vid VEO är Eplan Electric P8. Programmet erbjuder möjligheter för planering, dokumentering och ledning av projekt. Det är speciellt utvecklat för grafisk och enhetsorienterad planering inom automation och elplanering. Programmet är databasbaserat och innehåller flera olika funktioner som snabbar upp planeringsprocessen samt minimerar antalet fel. Några exempel på dessa är automatiska genereringen av rapporter baserade på t.ex. kabeldiagram, komponenter eller kopplingsdiagram.

Teknisk data från andra områden inom projekten kan även delas via interfaces med ett CAE-system, vilket garanterar enhetlighet och integration genom hela produktutvecklingsfasen. Med programmet kommer även en webbtjänst som heter Data portal. Data portal är en internetbaserad databas där olika tillverkare kan lägga ut färdiga ritningar på komponenter med tillhörande data. Detta underlättar en hel del då man inte behöver bläddra igenom kataloger för att hitta rätt komponenter (Eplan, 2016).

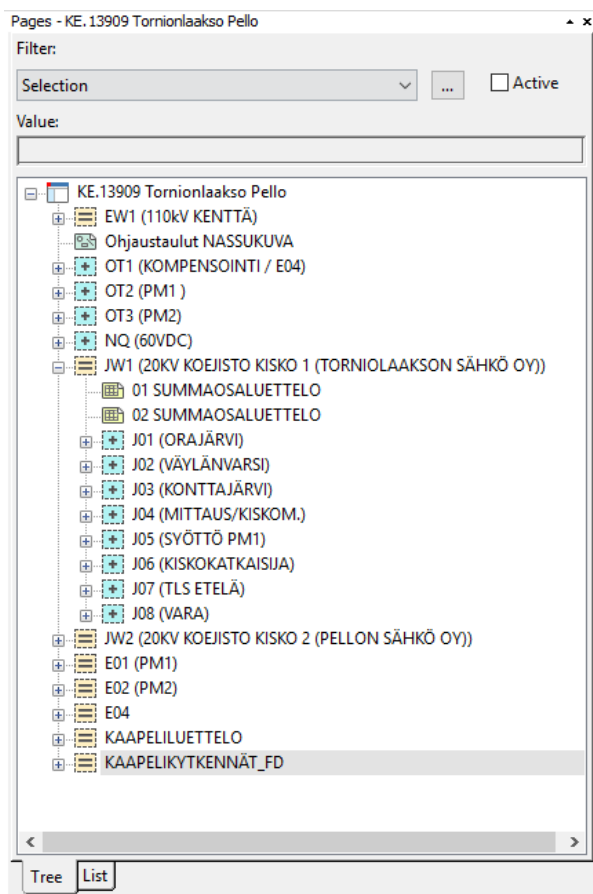
3.2 Typ av projekt

I Eplan är det möjligt att skapa två olika typer av projekt; *schematic projects* och *macro projects*. *Schematic projects* är den vanliga typen av projekt som används vid vanlig projektplanering. *Macro projects* är ämnade för att skapa och hantera makron. I *macro projects* kan man även automatiskt generera makron utifrån ritningarna, vilket gör att man inte måste spara varje makro enskilt. I ett välorganiserat *macro project* är det lätt att få en tydlig översikt över makron man skapat, samt att göra ändringar och uppdatera dem (Gischel, 2011).

3.3 Eplan navigator

I Eplan sker planeringen med hjälp av olika navigatorer. Navigatorer är fönster i programmet som innehåller information om olika komponenter i öppna projekt. Det finns skilda navigatorer för bland annat apparater, kablar och radklämmor. I t.ex. radklämsnavigatorn finns information om hur många radklämmor projektet innehåller och av vilken typ de är. Det syns även vilka radklämmor som är okopplade i kretsschemat (Rantanen, 2016).

Hela projekt finns även under en navigator. Denna kallas page-navigator och där ser man alla sidor på öppna projekt i programmet.



Figur 7. Page-navigatorn i ett projekt.

3.4 Automatiska rapporter

En av de viktigaste funktionerna som finns i Eplan är den automatiska genereringen av rapporter. Programmet kan skapa rapporter utgående från ritningar och kretsscheman. Några exempel på automatiska rapporter är apparatlistan som innehåller information om vilka komponenter som ingår t.ex. i ett ställverk, kabellista på använda kablar, radklämstabeller och kopplingstabeller (Rantanen, 2016). Ett exempel på en apparatlista ses i figur 8 och en del av en radklämstabelle i figur 9.

Gör man ändringar i kretsscheman eller ritningarna kan man enkelt uppdatera rapporterna med några klick. Detta sparar både tid och minimerar antalet fel då man inte måste göra det manuellt. Rapporterna kan även exporteras som DWG-filer eller till Microsoft Excel, vilket gör att de även kan användas i Microsoft office program (Vuotilainen, 2013).

OSALUETTELO							VEO_PART_LIST_M_E_2
DT	LÄIHEKKE	MÄÄRÄ	KUVAUS	TEKNINEN TIETO	VALMISTAJA	SIIVU	
-A1	V256CEPE	2	Kennotermiinaali		Schneider Electric	03.2:10	
-F21	S30-C6	1	Johdonsuojakassija	6A	ABB	07	
-F21	S30SH6R	1	Apu-hälytykskasetin	6A	ABB	07	
-F23	S30-C6	1	Johdonsuojakassija	6A	ABB	07	
-F23	S30SH6R	1	Apu-hälytykskasetin	6A	ABB	07	
-H1	OVI-E	1	Jännitearvaimin		ALICE	06	
-K43.54.1	AQ01	1	Valkoauranturi		Arcteq Relays Ltd. Finland	31	
-K43.54.2	AQ01	1	Valkoauranturi		Arcteq Relays Ltd. Finland	31	
-Q0	HVF642	1	Tyhytkassija	630A		37	
-Q8	CMVND463A210	1	MADOTTUSEROITIN		ABB	06	
-Q8	UBXGDH	1	Kantohammaspöytä / Kulmanivel		ABB	06	
-S	MEV000M1046	1	TOPILATTE		VEDOy	38	
-T1	ATB 20-BS 100-2005A	1	Virtamuuttaja	100-2005A SP0-10V A	Eltas	06	
-T2	ATB 20-BS 100-2005A	1	Virtamuuttaja	100-2005A SP0-10V A	Eltas	06	
-T3	ATB 20-BS 100-2005A	1	Virtamuuttaja	100-2005A SP0-10V A	Eltas	06	
-T9	KAT-180/250-120	1	Kaapelivirtamuuttaja	50-1001A	Eltas	06	
-X1	ZT16/5TB	48	Riviliten		Weidmüller	07:08:1014:20:22	
-X1	PTR2.5/4	218	Riviliten		Weidmüller	03:17:20...27:32...35:37 :38	
-X41	STVS105B	1	Plugi, naaras		Weidmüller	14	
-X43	STVS105B	1	Plugi, naaras		Weidmüller	33	
-X45	STVS105B	1	Plugi, naaras		Weidmüller	08	
-X47	STVS105B	1	Plugi, naaras		Weidmüller	25	

VEO	OS	E	Φ → →	TORNEOLAANSON SÄHKÖ OY	ORAJÄRVEN	600_24.dwg	04	06
	TEHNYT	2018.10.07	MV	PELLON 110/45/20KV SÄHKÖASEMA	KOJELUETTELO			
	PAIK	2018.10.13	RS	ZKVI KOKEISTO KSKKO 1 (TORNEOLAANSON SÄHKÖ OY)				
	MV	2018.10.13	BU					
						KE.13909 - 6101		

Figur 8. Apparatlista på komponenter som ingår i ett ställverk.

JOHDOTUSTAULUKKO							
SIIVU	KAAPELI: NUMERO/VÄRI	MIDEN	D	A	B	SIIVU	
				514	PTR2.5/4	1.5 -X43.6	DK: /33.8.E
				515	PTR2.5/4		
				516	PTR2.5/4	1.5 -X43.7	DK: /33.8.E
				517	PTR2.5/4		
				518	PTR2.5/4	1.5 -X43.8	DK: /33.8.E
				519	PTR2.5/4		
				520	PTR2.5/4	1.5 -X43.9	DK: /33.8.E
				521	PTR2.5/4		
				522	PTR2.5/4	1.5 -X43.10	DK: /33.8.E
				601	ZT16/5TB		
				602	ZT16/5TB	6 -X41.1	DK: /07.8.B
				603	ZT16/5TB		
				604	ZT16/5TB	6 -X41.2	DK: /07.8.B
				605	ZT16/5TB		
				606	ZT16/5TB	6 -X41.3	DK: /07.8.E
				607	ZT16/5TB		
				608	ZT16/5TB	6 -X41.4	DK: /07.8.E
				609	ZT16/5TB		
				610	ZT16/5TB	6 -X45.6	DK: /08.8.B
				611	ZT16/5TB		
				612	ZT16/5TB	6 -X45.7	DK: /08.8.B
				701	PTR2.5/4	1.5 -X1.704.B	DK: /32.2.C
				702	PTR2.5/4	1.5 -X45.1	DK: /32.8.B
				703	PTR2.5/4	1.5 -X45.2	DK: /32.8.B
				704	PTR2.5/4	1.5 -X1.701.B	DK: /32.3.B

VEO	OS	E	Φ → →	TORNEOLAANSON SÄHKÖ OY	ORAJÄRVEN	600_24.dwg	04	06
	TEHNYT	2018.10.07	MV	PELLON 110/45/20KV SÄHKÖASEMA	JOHDOTUSTAULUKKO			
	PAIK	2018.10.13	RS	ZKVI KOKEISTO KSKKO 1 (TORNEOLAANSON SÄHKÖ OY)				
	MV	2018.10.13	BU					
						KE.13909 - 6101		

Figur 9. Automatisk rapport på radklämstabell med kabelkopplingar.

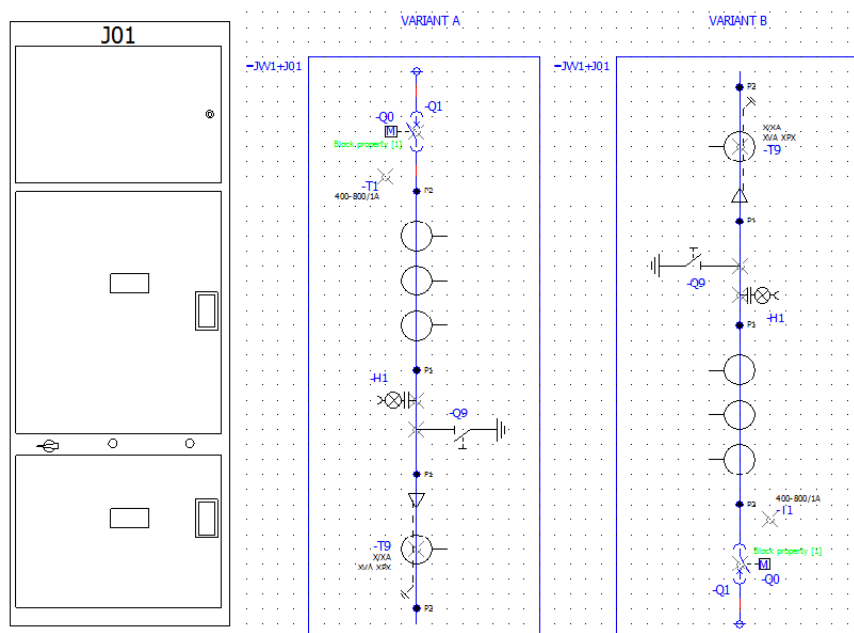
3.5 Makron

Eplan makron är färdigt ritade helheter eller komponenter som finns sparade i en databas. Med hjälp av makron kan man upprepa de ritningshelheter man använt för andra ritningar. Det finns tre olika typer av makron i Eplan Electric P8, *page macro*, *window macro* och *symbol macro*. Som namnet säger, sparar *page macros* all data från en sida. *Symbol macros* och *window macros* liknar varandra mera eftersom de skapas och sparas på samma sätt. Skillnaden mellan dem är att *symbol macros* endast består av en komponent med tilläggsinformation medan *window macros* vanligtvis består av flera komponenter med tilläggsinformation.

Makrons primära uppgift är att snabba på projektplaneringen. Man skapar makron för att i framtiden kunna använda sig av samma makron i liknande situationer. Dessa makron kan direkt jämföras med AutoCAD-block. Skillnaden är ändå att makron ritade i Eplan har fler funktioner än de ritade i AutoCAD. Några exempel på dessa är att makron kan bestå av flera olika varianter, presenteras i olika format (t ex. enlinje-, flerlinje- eller layout-format) och innehålla tilläggsinformation (t.ex. märkeffekt på en motorkrets) (Rantanen, 2016).

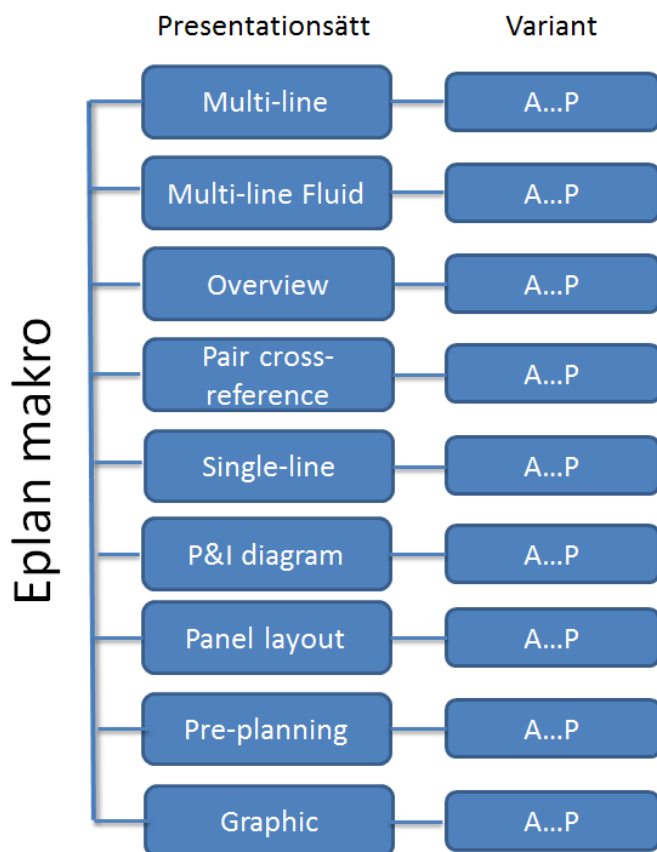
3.6 Makrons presentationssätt och varianter

I Eplan finns det möjlighet att spara flera olika varianter och representationssätt av samma komponent eller ritningshelhet. Ofta vid projektplanering förekommer samma komponent som enlinjeschema, flerlinjeschema och/eller som layout-format. För att göra saker enklare och makrodatabasen tydligare, kan man spara den ritade komponenten i olika representationssätt i samma makro. Samma gäller för olika varianter av samma ritning. I layoutritningar kan t.ex. samma ställverk ritas framifrån, uppifrån och från sidan. I kretsschemaritningar kan samma komponent ritas upp och ner eller svängd 90 grader åt sidan för att passa in bättre i ritningen (se figur 10). För att snabbt byta variation av ett makro man håller på att klistra in, kan man använda sig av snabbkommandot skift+tab. Beroende på vilken typ av sida i projektet man klistrar in ett makro på, så föreslår Eplan automatiskt ett motsvarande makro om det finns ett sådant. Klipper man in ett makro på en sida med enlinjeschemaritningar, så föreslås automatiskt den första enlinjevarianten av makrot (Rantanen, 2016).



Figur 10. Enlinjeschema och layoutrepresentationer av ett matande ställverksfack.

I Eplan finns det 9 olika representationssätt för ett makro. Varje representationssätt kan även innehålla 16 olika varianter, vilket gör att man kan skapa 144 olika ritningar på en enda komponent och spara det som ett enskilt makro.



Figur 11. Olika representationssätt med variationer för ett makro (Rantanen, 2016).

4 Praktiskt genomförande

I detta kapitel redogörs examensarbetets praktiska genomförande. Här presenteras makroprojektets avgränsning och tillvägagångssättet då man skapar makron.

4.1 Projektets avgränsning

Som utgångspunkt till arbetet gavs en lista över vad arbetet skulle innehålla. Enligt den bör makron för följande skapas:

A) VEKE ställverk med följande komponenter

1. Vagnbrytare, jordningsfrånskiljare, strömtransformator med en spole och en kabelströmtransformator.
2. Vagnbrytare, jordningsfrånskiljare, strömtransformator med två spolar och en kabelströmtransformator.
3. Vagnbrytare, jordningsfrånskiljare, strömtransformator med tre spolar och en kabelströmtransformator.
4. Mätfält med jordningsskena.
5. Egenförbrukningsfält.

B) Layoutritningar för ställverken (framifrån, sidan och uppifrån)

Skyddsreläer behöver inte ritas eftersom det finns färdiga makron för dessa. Dessa kan plockas in vartefter man vet vilken typ av relä som behövs. Även golvöppningen i ställverken kan ritas.

C) Spänningstransformator och överspänningsskydd som egna block

D) Bygg en modell av en elstations mellanspänningsställverk med hjälp av makron

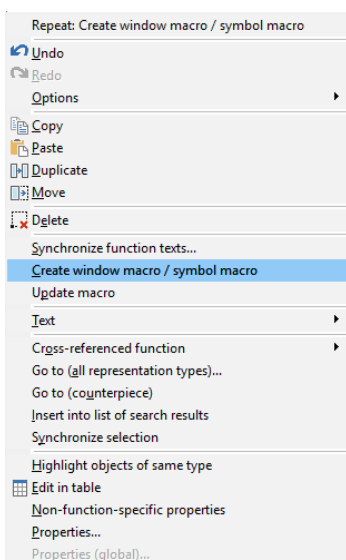
Endast mellanspänningsställverken. Utomhusställverken ritas inte. Se bilaga 1 och 2 för de återskapade ritningarna. Bilaga 3 är elstationsmodellens enlinjehema.

4.2 Generering av makron

I Eplan kan makron sparas på två olika sätt. Antingen genom att automatiskt generera dem i ett makroprojekt eller genom att enskilt spara dem som *symbol* eller *window macro*. Båda

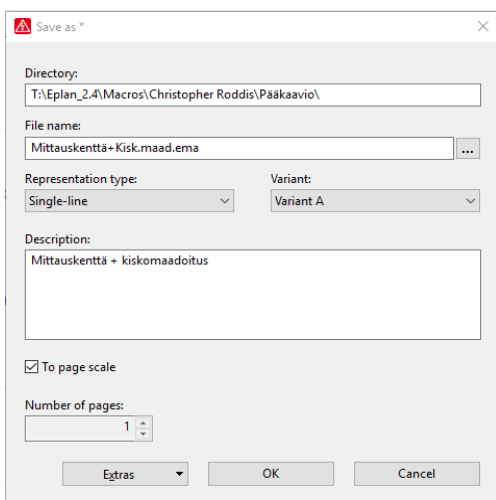
sätten ger samma slutresultat, men skapar man makron för flera komponenter med olika variationer kan det vara mera överskådligt om alla makron finns i ett makroprojekt under egna flikar.

Det snabbaste sättet att skapa ett makro är att markera den komponent eller ritningshelhet som man vill göra till ett makro och högerklicka på den (se figur 12) och välja *create window macro/ symbol macro*.



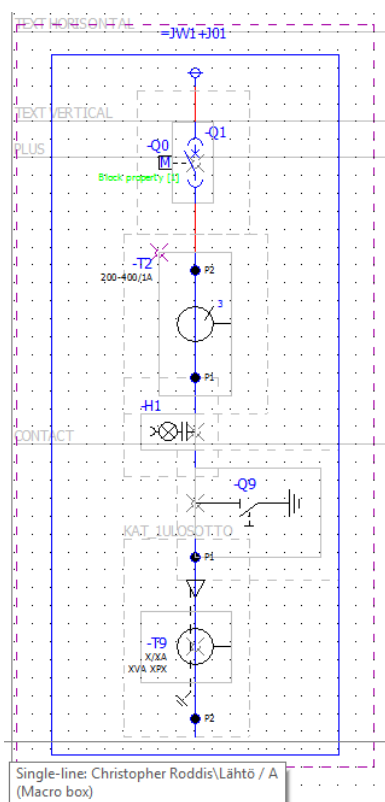
Figur 12. Fönster där man skapar makro.

När man sedan sparar makrot, väljer man under *directory* var man vill spara makrot. Alla ritningar som man vill skall ingå i makrot sparas under samma namn. Under *representation type* fliken väljer man vilken typ av ritning makrot skall sparas som. Man kan även välja vilken variant det skall sparas som och ge en kort beskrivning av makrot.



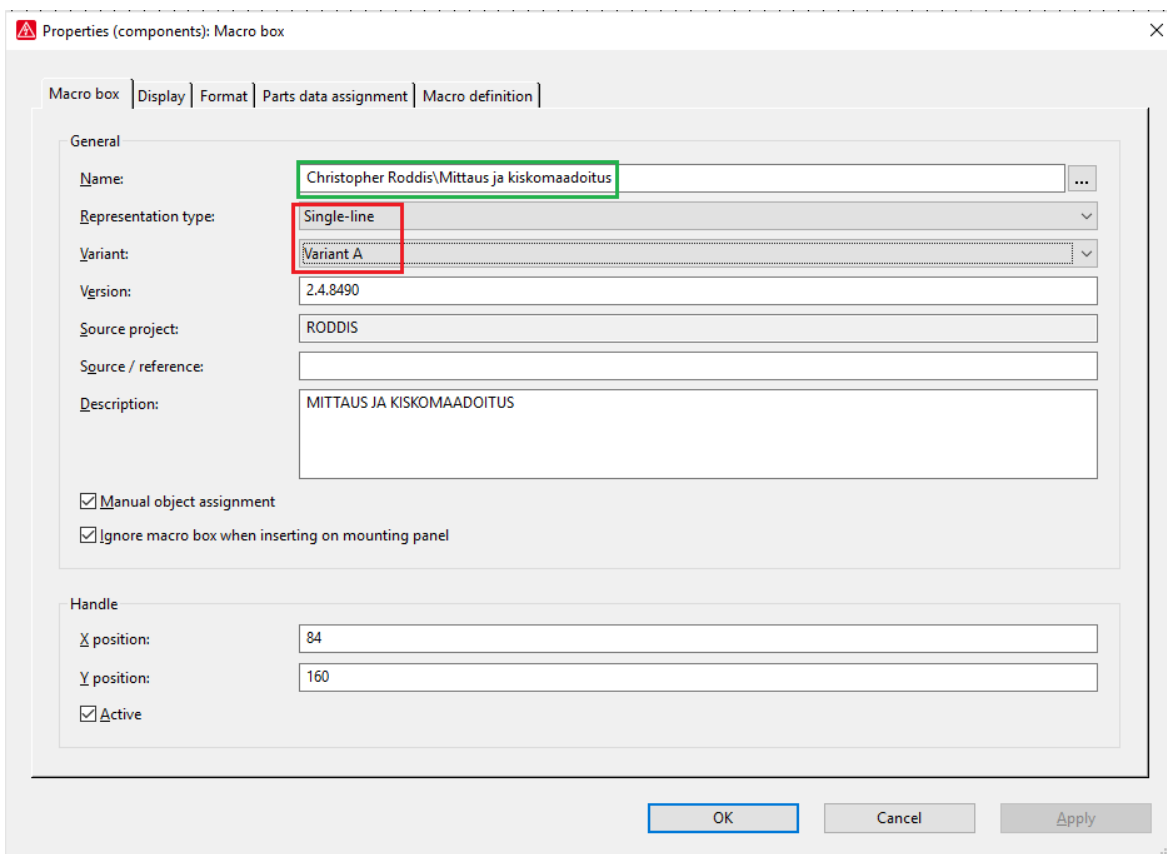
Figur 13. Fönster där makrot sparas.

Vid automatisk generering av makron måste de vara ritade i ett makroprojekt och de ritningshelheterna man vill skapa makron av ritade inuti *macro boxes*. *Macro boxes* är fönsterutor som visar vad som ingår i ett makro. De är så kallade osynliga element som endast syns om man trycker på *view* → *invisible elements* eller snabbkommandot U. Dessa skall inte blandas ihop med *structure boxes* eller *black boxes*. *Structure boxes* ritas för att markera vad som ska placeras inuti ett skåp. *Black boxes* ritas för att markera att det är en skild komponent (t.ex. en strömtransformator) i ett skåp. I figur 14 ser man *macro boxes* (streckade linjerna) och en *structure box* runt ställverket. De enskilda komponenterna har även egna *macro boxes* eftersom de är inplockade från en databas. När man ritat klart det som skall ingå i ett makro ska helheten markeras, vartefter man trycker på *group* figuren eller genom snabbkommandot G. Detta grupperar ihop hela ritningshelheten till enda komponent. Om detta inte görs kan det ställa till med problem senare då man genererar makron.



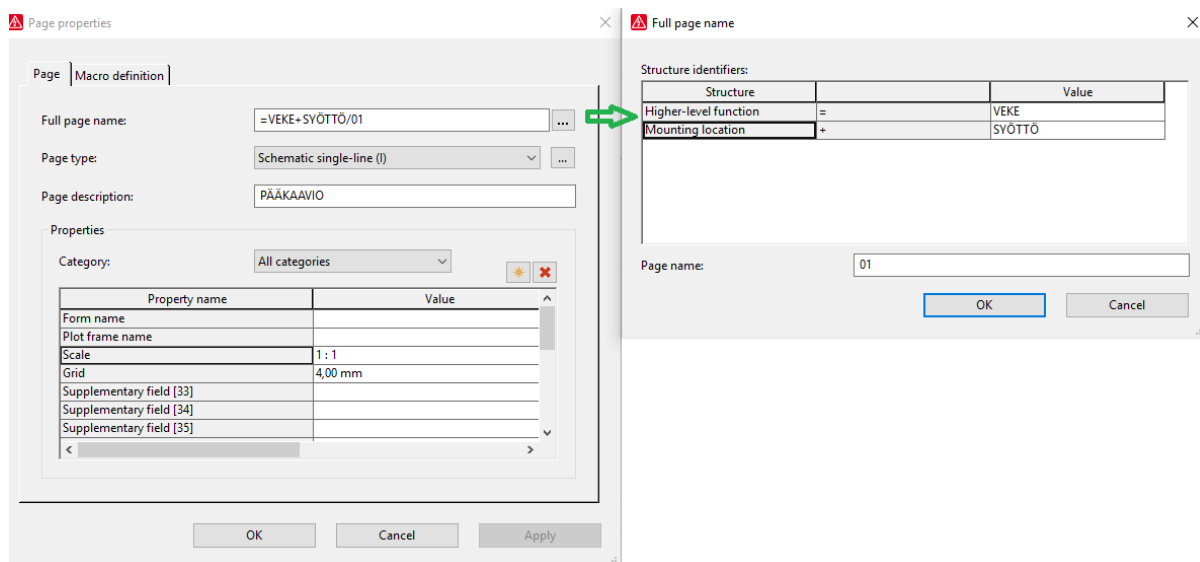
Figur 14. Ställverk med macro boxes.

För att flera ritningshelheter skall sparas i samma makro måste de sparas inuti *macro boxes* med samma namn men med olika varianter eller representationssätt (se figur 15). För att öppna egenskaperna hos en *macro box* håller man ner skifttangenter och dubbelklickar på den.

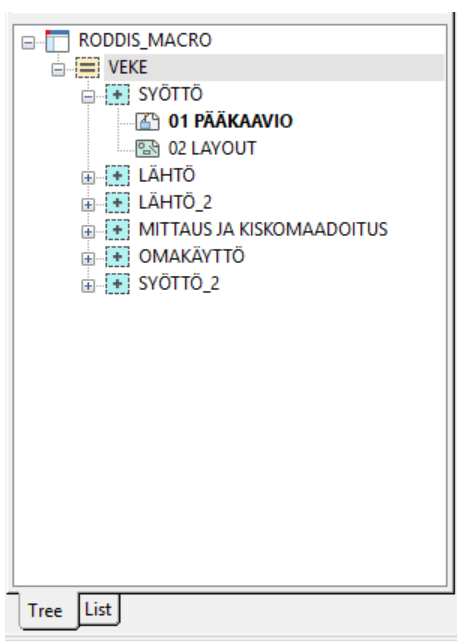


Figur 15. Egenskaper hos en macro box.

Då man skapar många makron blir det tydligare om man organiserar sidorna i projektet under flikar. Man kan t.ex. ha en skild flik för varje makro med alla representationssätt och variationer under samma flik. För att få de sidor man vill ha under samma flik, högerklickar man på sidan och väljer *properties*. Vid *full page name* klickar man på de tre punkterna vid fönstrets högra kant (se figur 16). På *higher-level function* väljer man namnet på fliken som kommer under projektet. I det här projektet valdes namnet VEKE på denna flik eftersom alla ställverksmakron är placerade under denna. Vill man kan man även skapa en till flik under huvudfliken vid *mounting location*. I figur 16 valdes *syöttö* eftersom det var ett inkommande ställverksfack som skulle placeras där.

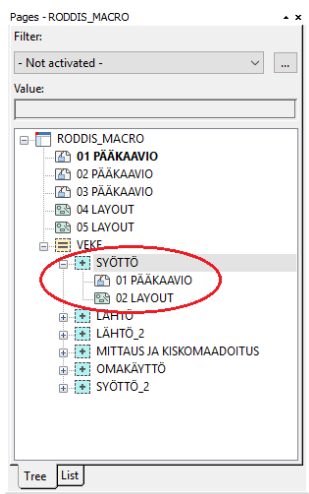


Figur 16. Egenskaper för en sida.

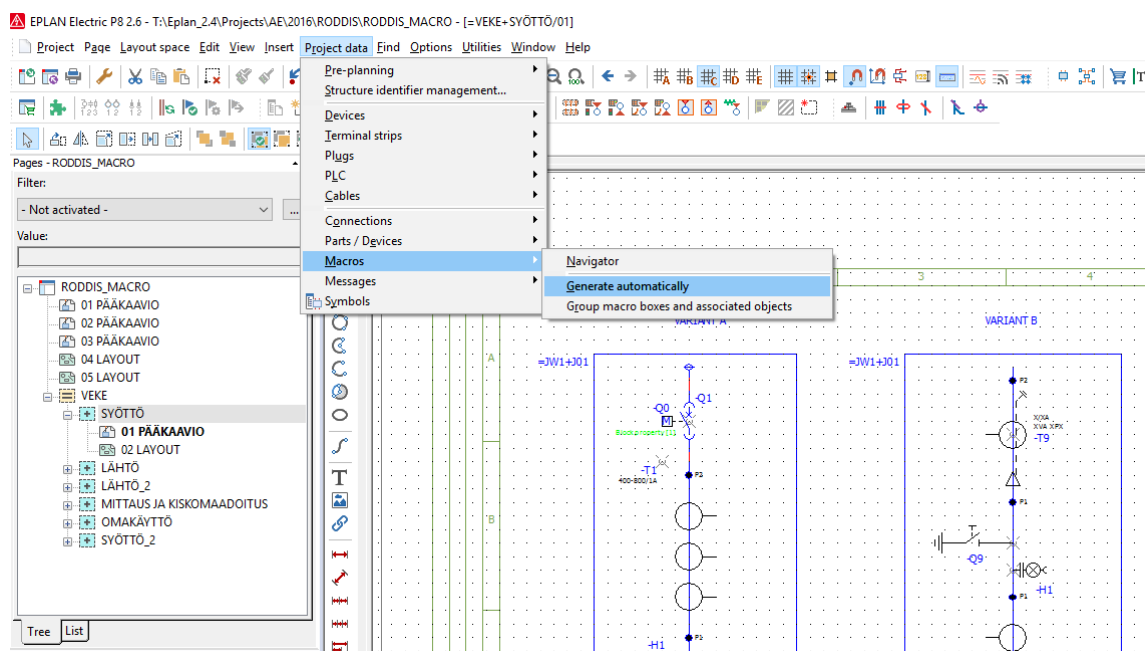


Figur 17. Page-navigatorn med sidorna ordnade under flikar.

När man sedan vill skapa makron från alla ritningar kan man antingen automatiskt generera makron för hela projektet på en gång eller t.ex. för ett makro i taget. Detta gör man genom att klicka på den flik man vill generera makron från (se figur 18) och sedan på *project data* → *macros* → *generate automatically* (figur 19). Till sist frågas det om man vill skapa makron för hela projektet eller endast den del man valt (inkommande ställverk i detta fall).

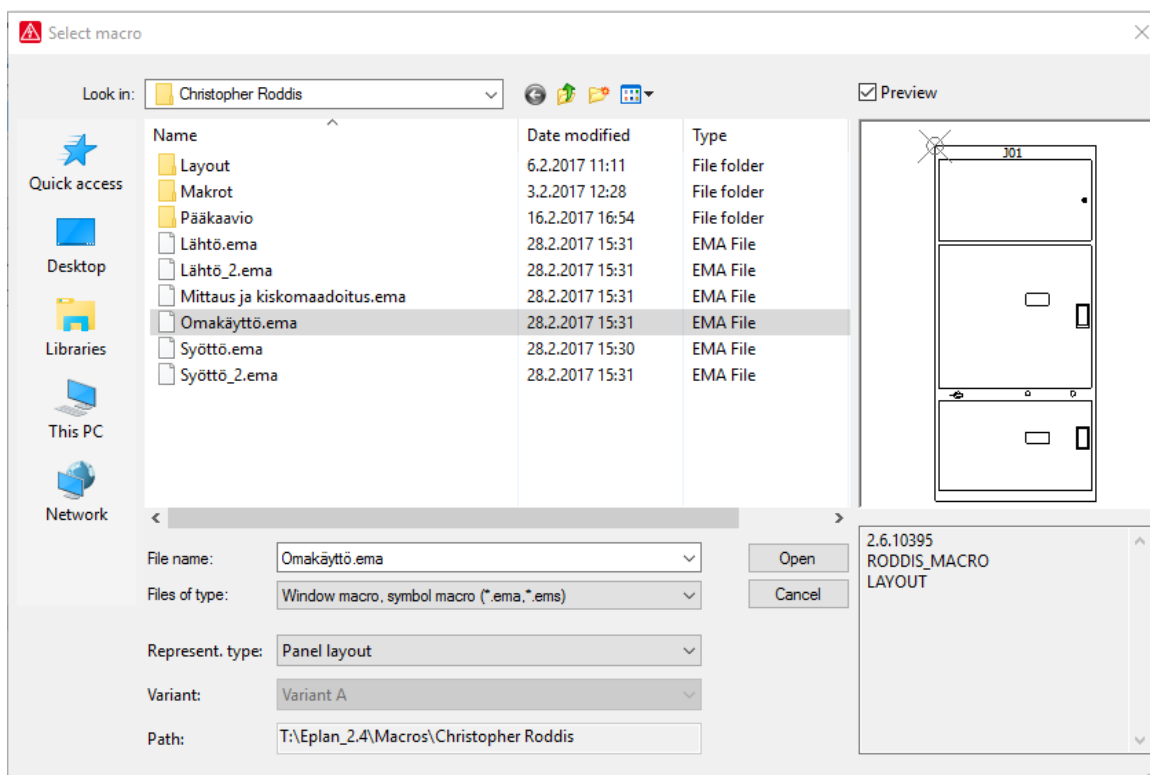


Figur 18. Inkommande ställverkets sidor.



Figur 19. Automatisk generering av makron.

När makrona genererats klart, kan man antingen klicka på *window macro/symbol macro* figuren uppe i högra hörnet eller genom snabbkommandot CTRL+Insert för att komma till databasen där makrona sparats. Där kan man kontrollera att alla makron kommit med och att de ser ut som de ska. Har man t.ex. inte grupperat ihop makrona före generering kan det hända att de genererats som tomma fönster. Det kan även lätt hända att man kopierat en *macro box* men glömt att ändra namn på den senare vilket gör att de sparar över det ena makrot och det andra försvinner. I figur 20 visas fönstret där man plockar in makron från databasen. I preview-fönstret kan man kontrollera att det valda makrot genererats rätt.

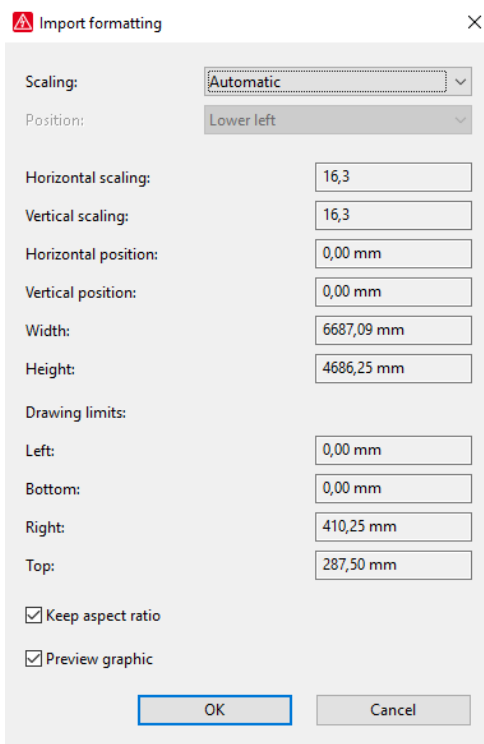


Figur 20. Fönster där de genererade makrona sparats.

4.3 Import/Export av ritningar till Eplan

I Eplan är det även möjligt att importera DWG och DXF-filer från AutoCAD till Eplan sidor och att exportera sidor från Eplan till DWG eller DXF format. Detta kan vara till nytta om man vill använda sig av block från en AutoCAD ritning eller om man vill använda sig av Eplan makron i AutoCAD. Före man importerar block från AutoCAD bör man explodera dem genom *explode* funktionen. Gör man inte detta kan man inte ta bort oönskade delar av ritningen eller utföra vissa ändringar. Man kan inte importera delar av ritningar eller enskilda block, utan endast hela filer. (Rantanen, 2016).

För att importera en DWG eller en DXF-fil till Eplan väljer man insert på menyn högst uppe på sidan och sedan *graphic*→DXF/DWG. Då ritningen valts får man välja hur man vill formatera den (se figur 21).



Figur 21. Formatering av DWG-fil

För att exportera en sida i Eplan till en DWG/DXF-fil väljer man page på menyn högst uppe på sidan och sedan *export*→DXF/DWG. Det går även att välja PDF i samma fönster. Därefter är det bara att välja var man vill spara filen och trycka ok. Ingen skalning behövs. När filen öppnas i AutoCAD så har den samma mått som i Eplan. Man behöver inte heller använda sig av *ungroup* funktionen (Eplans motsvarighet till *explode* funktionen) i Eplan ifall man exporterar makron eller grupperade ritningar.

5 Resultat

Målet med detta arbete har varit att skapa enlinjeschema- och layoutritningar för VEO:s VEKE 24 mellanspänningsställverk med tillhörande komponenter i elplaneringsprogrammet Eplan Electric P8. Arbetet har utförts i ett makroprojekt i Eplan enligt projektets avgränsning som specificerades i kapitel 4.1.

Tanken är att makrona som skapats i detta arbete skall kunna fungera som bottenar vid planering av elstationer och att man ska kunna bygga vidare på dem vartefter man vet vilka komponenter som kommer att ingå i ställverken. Vid layoutplanering ska man kunna få fullständiga ritningar genom att plocka in ställverksbottenarna och tillägga eventuella skyddsrelän, spänningsindikatorer och ljusbågsvakter. Vid enlinjeschemaplanering ska man även kunna få fullständiga ritningar genom att plocka in bottenarna och tillägga skyddsreläfunktionerna och ljusbågsvakterna. Om man blir tvungen att byta ut några enskilda komponenter i ställverket är detta också möjligt, eftersom de flesta komponenterna har färdiga makron.

Detta arbete bidrar således till att göra ställverksritningarna på VEO standardiserade, vilket betyder att de mellanspänningsställverk som ritats i detta arbete kommer att se likadana ut i framtida ritningar. Arbetet är också ett steg mot VEO:s mål att övergå från elplaneringsprogrammet AutoCad till Eplan Electric P8

Makroprojektet uppfyller de krav som ställdes i kapitel 4.1 och alla makron som beskrivs i kapitlet finns med i projektet och sparade. De nya makrona som skapats i detta arbete har testats genom att återskapa en modell av ett gammalt projekts enlinjeschema och layoutritningar. Det återstår fortfarande att se hur väl de fungerar vid riktig projektplanering. I bilaga 1 och 2 ser man de återskapade ritningarna ritade i Eplan och i bilaga 3 elstationsmodellen.

6 Diskussion

Detta examensarbete har varit både intressant och lärorikt. Till en början verkade arbetet en aning krävande eftersom jag hade lite erfarenhet och kunskap om Eplan. Tidigare hade jag endast fått några timmars utbildning om de grundläggande funktionerna i programmet och gjort mindre ändringar, såsom att rättat fel på slutdokumentationer från olika projekt. Detta gjorde att en stor del av tiden i början gick åt att lära sig programmet genom att prova sig fram, studera handböcker och tidigare examensarbeten inom området, samt även att diskutera med planerare på avdelningen som använder programmet dagligen.

Eftersom enlinjeschemaplanering och layoutplanering tidigare skett i AutoCAD blir det intressant att se om planeringen övergår till Eplan. För att planeringen skall fungera lika smidigt som i AutoCAD är det viktigt att det finns makron för alla komponenter/element som ingår i ritningarna, i alla fall de som är mera krävande att rita. För att man skall kunna skapa ett fullständigt enlinjeschema för en elstation i Eplan skulle det underlätta om det även skapades makron för skyddsreläns olika skyddsfunktioner och symboler för ljusbågsvakterna. Men detta ingick inte i examensarbetet.

Avgränsningen för projektet har ändrats en del under projektets gång. Det var först tänkt att jag skulle klippa in bilder av olika skyddsreläer på det ställe där skyddsfunktionerna för skyddsreläer normalt ritas in vid enlinjeschemaritningar, men detta konstaterades onödigt eftersom inställningarna ändå skall ritas in i ett senare skede då man vet vilken typ av skyddsrelä som ska användas. Det var också tänkt att skyddsreläerna skulle ingå i layoutmakrona men även detta konstaterades onödigt eftersom de enkelt kan plockas in efteråt då det finns färdiga layoutmakron på dem. Det skulle också ha varit opraktiskt med många varianter av exakt samma ställverk, med endast skyddsreläerna som skiljer dem åt. Idén att skapa en modell av en elstations mellanspänningsställverk kom även in i ett senare skede.

Vidareutveckling av detta arbete vore att skapa makron för skyddsfunktionerna till skyddsreläer och ljusbågsvakter vid enlinjeschemaritningar. Man kunde även skapa flera variationer av ställverksbottnarna genom att använda sig av olika komponenter från olika tillverkare istället för enbart använda sig av basmodeller. Till layoutritningarna kunde man även skapa färdiga makron för spänningsindikatorerna och ljusbågsvakterna.

För att sedan hålla makrona uppdaterade, vore det även viktigt att vartefter nya komponenter kommer ut på marknaden, uppdatera ställverksbottnarna genom att ladda ner tillverkarnas egna makron från Eplans data portal (webbtjänst där tillverkarna ger tillgång till sina komponenter som Eplan dokumentation) och placera in dem där det behövs.

Inför framtiden tror jag att jag kommer att ha nytta av detta arbete då jag kommer ut i arbetslivet. Jag har lärt mig en hel del om Eplan, elstationer och dess komponenter, vilket kommer att vara till nytta om jag fortsätter jobba med elstationer.

7 Källförteckning

ABB Oy. 2016a. *Mättransformatorer*. [Online]

<http://new.abb.com/high-voltage/sv/mattransformatorer> [hämtat 1.12.2016]

ABB Oy. 2016b. *Reläskydd – kraftnätets väktare*. [Online]

<http://new.abb.com/se/om-abb/teknik/sa-funkar-det/relaskydd> [hämtat 1.12.2016]

ABB Oy. 2016c. *Transformatorstationen, en effektiv knutpunkt i nätet*. [Online]

<http://new.abb.com/se/om-abb/teknik/sa-funkar-det/transformatorstationer>

[hämtat 23.11.2016]

Alfredsson, A. (2012). *Elkraft*. Stockholm: Liber AB.

Blomqvist, H. (2003). *Elkraftsystem 1*. Stockholm: Liber Ab.

Blume, S. W. (2007). *Electric power system basics*. John Wiley & Sons INC.

Bolin, P. (1998). *The Electric Power Engineering Handbook*. CRC Press LCC.

Eplan.2016. *EPLAN Electric P8: Power for electrical planning and engineering*.

[Online]

<http://www.eplan.se/se/loesningar/elkonstruktion/eplan-electric-p8/>

[hämtat 27.12.2016]

Fingrid. 2016. [Online]

www.fingrid.fi [hämtat 28.10.2016]

Finsk energiindustri. [Online]

www.energia.fi [hämtat 28.10.2016]

Gischel, B. (2011). *EPLAN Electric P8 Reference Handbook*. [Online]

http://www.hanserpublications.com/SampleChapters/9781569904763_9781569904763%20SAMPLE%20PAGES%20for%20EPLAN%20Electric%20P8%203E.pdf

[hämtat 19.1.2017]

Kanckos, S. 2011. *Planeringsarbete för byte av skyddsrelä*. Vasa.

Khan, S. 2008. *Industrial power systems*. Boca Ranton, FL, USA: Taylor & Francis Group.

Lindblad, E. 2016. *Styrcentral med Eplan*. Raseborg: Yrkehögskolan Novia.

Naturvårdsverket. 2016. [Online]

<http://utslappisiffror.naturvardsverket.se/Amnen/Vaxthusgaser/Svavelhexafluorid/>

[hämtat 23.11.2016]

Petterson, M. 2012. *Ombyggnation och modernisering av transformatorstation för anslutning av vindkraft*. Trollhättan: Högskolan Väst

Rantanen, M. 2016. *Eplan-makrojen hyödyntäminen sähköasemien 100 kV:n kytkinlaitoksen layout-suunnittelussa*. Vasa: Vaasan ammattikorkeakoulu.

Råholm, T. 2016. *Beräkningsverktyg för installationer i elstationer*. Vasa: Yrkehögskolan Novia.

Siemens. 2017. *Power Engineering Guide*. [Online]

https://www.energy.siemens.com/hq/pool/hq/energy-topics/power%20engineering%20guide/PEG_70_KAP_03.pdf [hämtat 22.3.2017]

VEO Oy. 2016. [Online]

www.veo.fi. [hämtat 12.12.2016]

Vuotilainen, J. 2013. *Sähkötekninen dokumentointi ja Eplansuunnitteluohjelmisto*. Mikkelin ammattikorkeakoulu.

Åström, R. 2015. *Handbok för krav på norska elstationer*. Vasa: Yrkehögskolan Novia.

Enlinjeschema för en elstation (modell från AutoCAD).

