

Jouni Pussinen

# Muuntamon saneerauksen/rakentamisen työn tehostaminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkövoimatekniikka

Insinöörityö

20.11.2014

Tekijä Otsikko	Jouni Pussinen Muuntamon saneerauksen/rakentamisen työn tehostaminen
Sivumäärä Aika	38 sivua + 4 liitettä 20.11.2014
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	lehtori Tuomo Heikkinen aluepäällikkö Juha Karppinen
<p>Insinööri työ tehtiin Eltel Networks Oy:lle muuntamoprojektien työn tehostamiseksi. Insinööri työssä selvitettiin työtapoja ja menetelmiä, joilla muuntamoprojektien tekemiseen kuluu aikaa sekä kustannuksia saataisiin vähennettyä.</p> <p>Työssä on esitelty muuntamon rakenne, muuntamo rakentamisen ja saneerauksen työn suunnitteluvaiheet, muuntamosaneerauksen ja rakentamisen työmenetelmät sekä toteutuneen projektin viimeistely. Kyseisten työvaiheitten avulla saatiin koottua parannusehdotuksia, joilla muuntamoprojekteja saataisiin kannattavammaksi.</p> <p>Insinööri työn aineistona pääasiassa käytettiin Eltel Networks Oy:n projekteihin liittyviä materiaaleja sekä keskusteluita vanhempien työnjohtajien kanssa. Lisäksi aineistona käytettiin sähköalan kirjallisuutta, Helen Sähköverkko Oy:n ohjeita ja Internetiä.</p> <p>Työn tuloksena saatiin koottua parannusehdotuksia, joilla muuntamoprojekteja voitaisiin myöhemmin alkaa toteuttamaan. Työssä todettiin, että huolellisella projektin suunnittelulla saadaan kustannuksia ja työaika vähennettyä projekteissa.</p>	
Avainsanat	muuntamon rakenne, muuntamon rakentaminen, muuntamon saneeraus, muuntamo projektin työn tehostaminen, muuntamo projektin työmenetelmät

Author Title	Jouni Pussinen Building/Rebuilding Transformer Substation More Effectively
Number of Pages Date	38 pages + 4 appendices 20 November 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructors	Tuomo Heikkinen, Senior Lecturer Juha Karppinen, Area Manager
<p>This thesis was made for Eltel Networks Oy to find out ways how to make transformer substation projects more effectively. This thesis clarifies methods to reduce working hours and costs of transformer substation projects.</p> <p>In this thesis the structure of transformer substation, building and redevelopment of transformer substation, transformer substation building and rebuilding working methods and how to finish transformer substation project are introduced.</p> <p>Material of this work mostly consists of transformer substation material from Eltel Networks Oy and interviews with the older project managers of Eltel Networks Oy. Also material from power electricity books, material from Helen Sähköverkko Oy and Internet were used.</p> <p>Improvement results of this thesis were compiled and future transformer substation projects are meant to use these. This study found out that with good planning, reduced costs and reduced working hours in transformer substation projects can be achieved.</p>	
Keywords	structure of transformer substation, building transformer substation, rebuilding transformer substation, making transformer substation project more effective, transformer substation working methods

## Sisällys

### Tiivistelmä

### Abstract

### Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Eltel Networks Oy	2
3	Standardit muuntamorakentamisessa	3
4	Muuntamon rakenne	4
4.1	Puistomuuntamon rakenne	4
4.2	Kiinteistömuuntamon rakenne	5
4.3	Tilapäismuuntamon sijoitus	5
4.4	Verkon komponentit	6
4.4.1	Kj-kojeisto	6
4.4.2	Pj-kojeisto	7
4.4.3	Muuntaja	7
5	Muuntamorakentamisen/saneerauksen suunnittelu	8
5.1	Työkohteen esisuunnittelu	8
5.2	Työkohteen aloituskatselmointi ja aloituskatselmointipöytäkirja	9
5.3	Työnjohdon ja asentajien muistilista	9
5.4	Tilattavat tarvikkeet	10
5.5	Muuntamoprojekteihin suunniteltu työaika	10
5.6	Suunniteltu muuntamoprojektin kustannus	10
6	Rakentamisen työvaiheet	11
6.1	Rakentamisen yksiköt	11
6.2	Muuntamo rakentamisen työmenetelmät	12
6.3	Muuntamo saneerauksen työmenetelmät	12
7	Toteutunut muuntamoprojekti	14
7.1	Laitteiston käyttöönotto, merkinnät ja opasteet	14
7.2	Käyttöönottotarkastuspöytäkirja	14

7.3	Loppudokumentointi	15
7.4	Työkohteen luovutus tilaajalle	15
7.5	Toteutunut työaika	16
7.6	Toteutunut kustannus	16
8	Muuntamosaneerauksen ja rakentamisen esimerkkikohteet	17
8.1	Puistomuuntamo	17
8.2	Kiinteistömuuntamo	29
9	Muuntamoprojektin työn tehostaminen	35
9.1	Projektien työajan tehostaminen	35
9.2	Projektien kustannusten vähentäminen	35
9.3	Asentajien ja työnjohdon työn tehostaminen	36
10	Yhteenveto	37
	Lähteet	38
	Liitteet	
	Liite 1. Projektin aikataulumalli	
	Liite 2. Puisto- ja kiinteistömuuntamon käyttöönottotarkastuspöytäkirja TP05	
	Liite 3. Laatuseurantajärjestelmän poikkeama luokat	
	Liite 4. Raychem kulmapistopäätteen asennusohjeet	

## Lyhenteet

HSV	Helen Sähköverkko Oy
kj	keskijännite
kV	kilovoltti; 1 000 voltia; jännitteen yksikkö
kVA	kilovoltiampeeria; 1 000 voltiampeeria; näennäistehon yksikkö
pj	pienjännite
RKJ	rakennustietojärjestelmä; tietokoneohjelma, millä Helsingin Sähköverkko Oy lähettää tilaukset ja hoitaa laskutuksen urakoitsijalle
UV	ulkovalo

## 1 Johdanto

Insinööri työ on tehty Eltel Networks Oy:n Tuusulan toimipisteelle Tuusula 1:n tiimille. Työssä on tavoitteena löytää keinoja Eltel Networks Oy:lle, miten tehostetaan Helsingin Sähköverkko Oy:lle tehtäviä muuntamoprojekteja. Työn tarkoituksena on löytää ne keinot, joilla muuntamoprojektien työaikaa voitaisiin lyhentää ja kustannuksia vähentää. Ennen insinööri työtä oli huomattu, että muuntamoprojektit eivät ole niin kannattavia, kuin niiden haluttiin olevan.

Insinööri työssä käytettiin apuna sähköalan kirjallisuutta, Eltel Networks Oy:n Helen sähköverkko Oy:ltä saamia ohjeita sekä vanhempien työnjohtajien haastatteluja.

Työn alussa käydään läpi muuntamon rakenne ja muuntamon tärkeitä verkon komponentteja. Työssä käydään läpi myös projektin suunnittelu, projektin toteutuksen työvaiheet sekä projektin viimeistely. Työssä esitellään kaksi tyypillistä muuntamoprojektia. Lisäksi esitellään parannusehdotuksia, miten muuntamoprojekteja voidaan tehostaa.

## 2 Eltel Networks Oy

Eltel Networks Oy on alun perin pohjoismaissa toiminut yhtiö, jonka toimialaan kuuluvat jakeluverkkojen- ja sähkönsiirtoverkkojen rakentaminen, suunnittelu, ylläpito ja huolto. Lisäksi yhtiö toimii myös langattomien ja kiinteiden televerkkojen, VR-radan kunnossapidossa ja huollossa sekä julkishallinnon verkoston puolella. Eltel Networks Oy on lähi-vuosina myös laajentanut toimintaansa Euroopassa Baltian maihin, Saksaan, Puolaan sekä Englantiin. Yhtiön tavoitteena on päästä markkinajohtajaksi Euroopassa infra-verkkotoimialan puolella. Yhtiön suurimpiin asiakkaisiin kuuluvat Fingrid, Fortum sekä E-on. Eltelillä on yhdeksässä maassa noin 400 tiimiä. Jokaisessa tiimissä on noin 20 pätevää ammattilaista, ja jokainen tiimi on erikoistunut johonkin osaamisalueeseen.

Suomessa yhtiö on perustettu 2001 ja työllistää nykyään n. 1 400 henkilöä yli viidessä-kymmenessä eri toimipisteessä. Suomessa palvelujen tilaajat ovat pääasiassa sähkön-jakelu-, sähkönsiirto- ja televerkkoyhtiöt kuten Helen Sähköverkko Oy ja Vantaan Energia. Suomen yksikköjen liikevaihto oli n. 300 miljoonaa euroa v. 2012. Pääkonttori sijaitsee Espoossa, ja toimitusjohtajana Suomessa toimii Juha Luusua. [1.]



### 3 Standardit muuntamorakentamisessa

Kaikille verkossa oleville kojeille on asetettu vaatimukset joiden mukaan rakentaminen, saneeraus sekä koestus tulee suorittaa. Vaatimukset ovat määrittäneet Suomessa sähkölaki- sekä sähköturvallisuusmääräykset. Suomessa ovat käytössä yleiset IEC-standardit sekä kotimaiset SFS-standardit.

Erilliset muuntamokopit kuten puistomuuntamot ovat tavarantoimittajan puolesta testattu ja valmistettu IEC-61330 ja IEC 62271-202 standardien mukaisesti. Yleisesti käytetään myös sähköenergialiiton SENER:n verkostosuosituksista RM 3:02 ”Kaapeliliitäntäinen verkonhaltijan muuntamo” tai RM 2:02 ”Muuntamotila rakennuksessa”, kun muuntamovalmistajat testaavat muuntamoa.

Seuraavat määräykset koskevat muuntamorakentamista:

- Sähköturvallisuuslaki 410/1996
- Sähköturvallisuusasetus 498/1996
- KTMp, Sähköalantyyöt 516/1996 (muutos 1194/1999)
- KTMp, Sähkölaitteistojen käyttöönotto ja käyttö 517/1996
- KTMp, Sähkölaitteistojen turvallisuus 1193/1999
- Ympäristöministeriön asetus 12.3.2002, johon perustuu E1
- E1 suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennusten paloturvallisuus, määräykset ja ohjeet 2002. E1 tuli voimaan 1.7.2002.

Muuntamorakentamiseen liittyy myös seuraavat SFS-standardit, jotka ovat korvanneet sähköturvallisuusmääräykset:

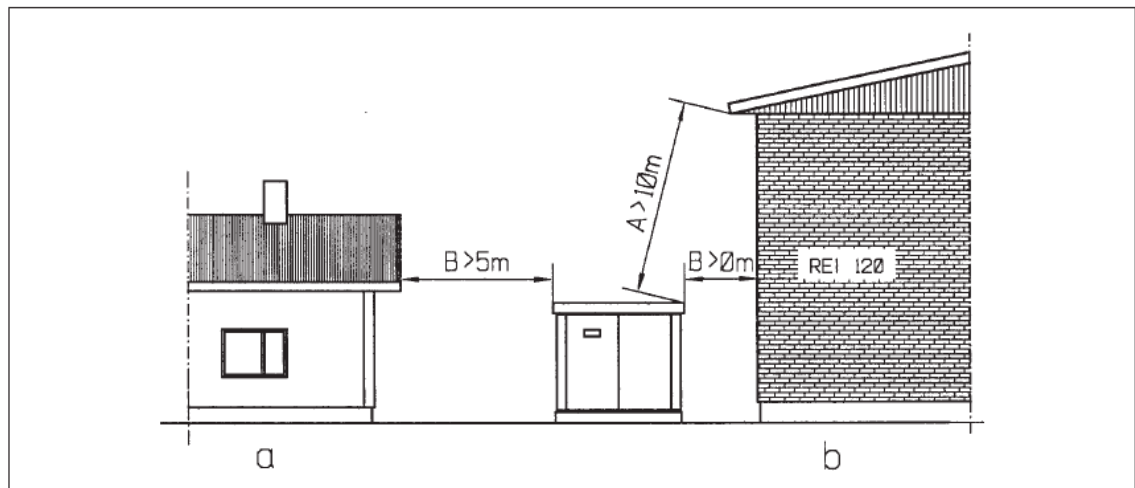
- SFS 6000 Pienjänniteasennukset (1999 muutokset 2002)
- SFS 6001 Suurjännitesähköasennukset (2001)
- SFS 6002 Sähkötyöturvallisuus (1999 muutokset 2012). [2.]

## 4 Muuntamon rakenne

Jakeluverkossa jokaisen muuntamotyypin tarkoituksena on muuttaa keskijännite joko 10 kV tai 20 kV pienjännitteeksi 400 V tai 230 V.

### 4.1 Puistomuuntamon rakenne

Puistomuuntamo on erillinen betoni- tai peltikoppi, joka sijoitetaan ulos suositellusti 5 m:n etäisyydelle lähimmästä rakennuksesta. Vähimmäisetäisyydet palonkestävyydeltään heikosta rakennuksesta a ja hyvän palonkestävyyden omaavasta REI 120 rakennuksesta näkyvät kuvassa 1. Puistomuuntamon rakentaminen vaatii aina sijoitusluvan saamisen maanomistajalta. Ensisijaisesti kaapeloidulla alueella pyritään toteuttamaan puistomuuntamoita, koska mahdollisten magneettikenttien ja häiriöitten hallitseminen on helpompaa kuin kiinteistömuuntamossa. Yleensä jo alueen kaavoitusvaiheessa pyritään ottamaan huomioon mahdolliset alueelle tulevat puistomuuntamot. Muuntamot pyritään rakentamaan aikaisessa vaiheessa, jolloin saadaan työmaasähköt rakennettaville tonteille ajoissa.



Kuva 1. Muuntamon vähimmäisetäisyydet rakennuksista [2]

Aloitettaessa rakentamaan puistomuuntamoita on otettava huomioon, että pinta-, pohja- ja vuotovesien pääsy muuntamotilaan on estetty. Muuntaja on myös suojattava siten, että vikatilanteessa muuntajaöljyt eivät pääse vapautumaan ympäristöön. [2.]

Puistomuuntamo sijoitetaan niin, että muuntamon ovet aukeavat ulospäin, ja ovet ovat lukittu HSV:n muuntamosarjan lukoilla. HSV:n henkilökunnalla tulee olla esteetön pääsy muuntamotilaan vaikka mahdollisesti muuttuneessa tilanteessa.

Kaapelikanavat on suojattava erillisillä lattialevyillä. Lattialevyjen tarkoitus on estää valokaaren synnyttävän tulipalon leviäminen kaapelikanavasta. Kaapelireitit suunnitellaan siten, että reitit pysyisivät mahdollisimman lyhyinä. Normaalisti puistomuuntamossa tullaan toimeen luonnollisella ilmanvaihdolla, mutta joissakin suuritehoisissa kohteissa on tarvetta myös lisäilmanvaihdolla lähinnä kiinteistömuuntamokohteissa. Lisäilmanvaihto toteutetaan siten, että muuntamo voi olla jännitteinen tilanteessa, jolloin ilmanvaihtokonetta huolletaan. Muuntamoihin tehdään riittävä valaistus muuntamotyöskentelylle. Lisäksi asennetaan ovikytkin, jolloin oven avattaessa muuntamo saadaan valaistua. Muuntamon oveen lisätään muuntamon tunnus, jotta muuntamo on tunnistettavissa. [3.]

#### 4.2 Kiinteistömuuntamon rakenne

Tiheään rakennetulla kaava-alueella joudutaan monesti puistomuuntamon sijasta rakentamaan muuntamot kiinteistöjen tiloihin. Tällöin pyritään saada sijoitettua muuntamo rakennuksen maantasolle, koska muuten kojeistojen ja muuntajan kuljettaminen olisi vaikeaa. Joissakin kohteissa on kuitenkin mahdotonta saada maan tasalle muuntamo, joten näissä kohteissa muuntamot pyritään sijoittamaan kellarikerrokseen. [2.]

Näissä tapauksissa on tärkeää suunnitella alusta asti, miten kohteen kulkureitit toteutetaan, jotta pääsy muuntamoon on esteetön ja muuntamon kalusteet saadaan kuljetettua paikalle. Kiinteistömuuntamoihin lisätään rakennuksen seinälle putkilukko, joka on saatavissa auki HSV:n avaimilla.

#### 4.3 Tilapäismuuntamon sijoitus

Tilapäismuuntamon paikka sovitaan yhdessä rakennuttajan kanssa aloituskatselmuutuksessa. Kohteen suunnittelijat ovat yleensä jo suunnitelmiin lisänneet mahdollisen muuntamon paikan alustavasti. Tilapäismuuntamo sijoitetaan lähelle saneerattavaa muuntamo siten, että se ei aiheuta muutoksia liikennejärjestelyihin. [4.]

## 4.4 Verkon komponentit

Kojeistot on rakennekokonaisuus, jotka sisältävät tarvittavat kytkentä-, suojaus-, ohjaus- sekä valvontalaitteet. Kojektorakenteet jaetaan yleisesti suur-, keski- ja pienjännitekojeistoihin.

### 4.4.1 Kj-kojeisto

Aikaisemmin keskijänniteverkoissa on käytetty avorakenteisia sisäkojeistoja, ja ne on toteutettu tavallisesti kennoasennuksena, jossa kojeryhmät erotetaan väliseiniä avulla. Näin on turvattu että kojeistossa työskentelevät henkilöt ovat suojattu, jos viereiseen kennoon sattuu tulemaan häiriö tai vika. Nykyään keskijänniteverkon sisäkojeistot pyritään aina toteuttamaan käyttämällä suljetumpia kojeistoja, joko ilma- tai SF<sub>6</sub>-rakenteisia. [5.]

HSV:n uusissa muuntamoissa käytetään yleisesti SF<sub>6</sub>-kaasulla varustettuja kj-kojeistoja. SF<sub>6</sub>-kaasu on väritön, hajuton, palamaton ja ilmaa raskaampaa oleva kaasu. SF<sub>6</sub>-kaasun käyttö kojeistossa on suosittua, koska kaasulla on erinomainen eristys- ja valokaaren sammutuskyky. SF<sub>6</sub>-eristeisten kj-kojeistojen käyttö on suositumpaa myös, koska niiden tilantarve on vähäisempi kuin ilmaeristeisen kj-kojeistojen. [6.]

HSV:n jakeluverkko on suurimmaksi osaksi 20 kV:n jännitteellä, mutta jakeluverkon eteläosassa kaupunkia on käytössä 10 kV:n jännitettä. Jakeluverkossa on vielä myös käytössä joitakin vanhoja avokojeistoja, jotka pyritään ensisijaisesti saneeraamaan SF<sub>6</sub>-kojeistoiksi.

Kj-kaapeleiden kytkentä menee siten, että muuntamoon tuleviin kaapeleihin tehdään kojeistoon sopivat kulmapistokepäätteet, ja ne kytketään kj-kojeiston liittimiin. Tämän jälkeen kojeiston kiskoilta lähtevät kaapelit menevät kj-kojeistolta muuntajan ensiöpuolen kytkentänapoihin, joihin tehdään kosketussuojaus sekä lisätään momenttikiristeiset liittimet.

#### 4.4.2 Pj-kojeisto

Pj-kojeisto asennetaan muuntajan jälkeen, ja sen tehtävä on jakaa 0,4 kV:n jännite suoraan verkossa oleviin jakokaappeihin tai asiakkaille meneviin liityntäkaapeleihin. Nykyisissä pj-kojeistoissa on valmiina myös pistorasia, vikavirtasuojakytkin sekä sulakkeet, jolloin voidaan kytkeä esimerkiksi valaisimia pistorasiaan ja saadaan näin ollen valaistua työkohde paremmin.

Pj-kojeiston kaapelit tulevat muuntajan toisiopuolen kosketussuojatuista navoista suoraan pj-kojeiston virtakiskoille ja siitä jonovarokeytkimien kautta kuluttajille. Pj-kaapeloinnit toteutetaan käyttäen 4 x 185 mm<sup>2</sup>:n kuparia, ja joissakin tilanteissa asennus toteutetaan virtakiskoilla.[7.]

Pj-kojeistoissa on myös asennettu WIMO-mittaus ja valvontayksikkö, jolla saadaan muuntamosta tallennettua dataa erilaisilla mittaussovelluksilla. WIMO-mittaus mahdollistaa muuntamon valvonnan haja-asutusalueella sekä taajamissa. WIMO-mittaus tarkkailee mm. maasulkuvirtoja, vikavirtoja sekä jännitteitä, muuntajan öljytasoa sekä muuntajan lämpötilaa tilanteissa, joissa esimerkiksi muuntamon ilmastointi hajoaa. Vanhemmissa kojeistoissa WIMO:n mittausdata pitää käydä hakemassa talteen paikan päältä. Nykyään on alettu kehittää laitteita, joista osa on jo testikäytössä. Näillä laitteilla saadaan mittausdata talteen myös etäkäyttönä.

#### 4.4.3 Muuntaja

Muuntaja on verkon laite, jonka tarkoitus on muuntaa tai säätää verkossa olevia vaihtosähkön jännitteitä tai virtoja käyttäen hyväksi sähkömagneettista induktiota. Muuntajissa on yleensä eristeenä käytössä paperia ja prespaania sekä muuntajaöljyä. Öljyn tehtävänä on eristää sekä toimia jäähdytysväliaineena siirtäen lämpöä käämistä ja rautasydämeestä muuntaja-astian pintaan. Käytössä on myös niin sanottuja kuivamuuntajia, joissa eristeenä käytetään esimerkiksi hartsia ja jäähdytysväliaineena toimii ilma. [5.]

HSV:n verkossa olevat muuntajat ovat aina kolmivaiheisia. Ne ovat kahden tai useamman käämityksen välillä toimivia. Yleisesti urakoitavat HSV:n verkossa olevat muuntamot ovat kooltaan 800 kVA-1 600 kVA. Poikkeuksiakin on tietyissä paikoissa, joissa tehon tarve on suurempi tai pienempi.

## 5 Muuntamorakentamisen/saneerauksen suunnittelu

### 5.1 Työkohteen esisuunnittelu

Tilausta aletaan esisuunnitella, kun tilaaja on lähettänyt tilauksen rakennuttamisjärjestelmän kautta (RKJ). Tilauksesta käy ilmi työnkuvaus sekä kohteen alku- ja lopetuspäivämäärät sekä tarvittavat dokumentit tilaukseen. Dokumentit, jotka tilaaja lähettää urakoitsijalle RKJ:n kautta, ovat kohteen kj- ja pj-suunnitelmat, kj- ja pj-verkkokartat, jakokaappikortit sekä komponenttiluettelon, josta näkee tilauksen suunnittelun kustannuksen. Muuntamotilauksen dokumentteja ovat myös muuntamon pääkaavio, arkkitehti-toimiston istutuskuva, verkoston tehonjakolaskennat, alueen vuokraamista koskevat rakennusluvut sekä alueen sijoituslupa.

Kun tilaus on tullut, tiimipäällikkö määrää resurssipalaverissa jokaiselle projektille oman projektipäällikön, joka vetää kohteen alusta loppuun. Ensimmäiseksi projektipäällikkö tarkistaa, sopivatko kohteen alku- ja lopetuspäivämäärät aikataulutukseen vai pystytäänkö niitä yhdessä tilaajan rakennuttajan kanssa sopimaan muutettavaksi. Seuraavaksi tarkistetaan tilauksen materiaalit ja näin ollen selvitetään, tarvitseeko tilata tarvikkeita vai löytyykö niitä jo varastosta. Tämän jälkeen katsotaan, miten asentajien resurssit ovat käytössä. Yleensä tilaukset tilataan siten, ettei päällekkäin ole monta isoa projektia. Tarkoituksena on, että päästään aloittamaan seuraava projekti, kun nykyinen projekti loppuu. Kesällä urakointi on täydessä vauhdissa. Silloin joudutaan mahdollisesti tekemään päällekkäin useita projekteja viikon aikana.

Työkohdetta aletaan esisuunnitella tilaajan lähettämistä suunnitelmista. Ensimmäiseksi sovitaan tilaajan rakennuttajan kanssa kohteen aloituskatselmointi päivämäärä. Tämän jälkeen suunnitelmasta katsotaan, miten työ toteutetaan, ja tarvitaanko kohteeseen tehdä sähköjakeluun liittyvä katkoilmoitus. Katkoilmoitukset on hyvä suunnitella etukäteen, koska kj-katkojen käsittely kestää n. 3 työpäivää. Tarkoituksena on, että kj-verkko pystytään järjestelemään siten, ettei muille verkon käyttäjille synny katkoja. Nykyään katkoilmoitus tehdään Internetissä lomakkeella, joka menee suoraan HSV:n käyttökeskukselle, jossa suunnitellaan verkon kytkentäsuunnitelma ja jakorajamuutokset. Pj-katkot ilmoitetaan 3 pv ennen, kun katko suoritetaan. Taloihin, joihin katko vaikuttaa, jaetaan katkoilmoituslaput, josta käy ilmi katkon arvioitu kesto, katkon päivämäärä sekä katkosta vastaavan asentajan tiedot. [4.]

## 5.2 Työkohteen aloituskatselmointi ja aloituskatselmointipöytäkirja

Ensimmäiseksi, ennen kuin työtä aletaan tehdä fyysisesti, käydään yhdessä tilaajan urakoitsijan kanssa katsomassa kohdetta paikan päällä. Aloituskatselmoinnissa käydään läpi suunniteltu työ ja mahdolliset lisätyöt. Aloituskatselmointiin osallistuu projektissa kaikki mukana olevat osapuolet kuten urakoitsijan projektipäällikkö, tilaajan rakennuttaja, maanrakentajat sekä mahdolliset katu- ja vihertarkastajat ja telepuolen projektipäälliköt. Normaalisti aloituskatselmoinnissa ensimmäiseksi suunnitellaan maanrakennukseen kuuluva aika, koska vasta maanrakennuksen jälkeen sähkötyöt alkavat. Joissakin kohteissa voidaan tehdä yhdistetysti maanrakennus- ja sähkötyitä samanaikaisesti. Aloituskatselmointi on sen takia tärkeää, koska suunnitelmissa ei pystytä tarkasti määrittämään, millainen kohde on maastossa.

Aloituskatselmointipöytäkirja tehdään sen jälkeen, kun ollaan käyty paikan päällä katsomassa kyseistä projektia yhdessä tilaajan rakennuttajan kanssa. Aloituskatselmointipöytäkirja on dokumentti, johon kirjataan ylös katselmuksessa ilmenneitä asioita. Pöytäkirjaan merkitään kohteessa käyty päivämäärä, paikallaolijat, sekä projektin toteutukseen liittyviä asioita. Pöytäkirjaan merkitään muutokset suunnitelmiin sekä mahdolliset lisätyöt, jotka ilmenevät vasta aloituskatselmoinnissa.

## 5.3 Työnjohdon ja asentajien muistilista

Muistettavia asioita ennen työkohteeseen menoa on asentajilla tarkistaa kohteen komponenttiluettelo. Komponenttiluettelosta käy ilmi, mitä tavaraa kohteeseen tarvitsee ottaa mukaan. Tärkeää on, että otetaan kaikki tavarat etukäteen, jotta säästytään turhalta edestakaisin ajamiselta.

Työnjohdon muistettavana on aikatauluttaa kohde siten, että kohteeseen ei tulisi päiviä, jolloin kohteen urakointi ei etene. Muistettavana on tarkistaa, miten kohteen aikataulutus onnistuu kaivajien ja asentajien osalta. Tärkeää on myös tiedostaa, miten mahdolliset viivästykset vaikuttaa projektiin. Yleisimpiä viivästyksen aiheuttajia ovat tavaroiden toimitusajat kuten muuntamokopit, muuntajat ja kojeistot.

#### 5.4 Tilattavat tarvikkeet

HSV:n projekteissa nykyisin harvemmin tarvitsee erikseen urakoitsijan tilata mitään tarvikkeita. Muuntamot tilaavat HSV:n suunnittelijat tai rakennuttajat. Eltelillä on myös oma noutotukku tarvikkeille, jolloin asentajat voivat käydä hakemassa niitä sitä mukaa, kun tavaraa tarvitaan. Eltelillä on myös sopimukset tavarantoimittajien kanssa. Tämä siksi, että jos joissakin projekteissa tarvitaan tavaraa, jota harvemmin käytetään, voidaan sitä hakea suoraan tavarantoimittajan toimipisteestä. Ainoastaan projekteissa, joissa UV-puoli osallistuu projektiin, joudutaan aina tilamaan itse valaisinpylväät, valaisimet sekä pylväsjalustat. [7.]

#### 5.5 Muuntamoprojekteihin suunniteltu työaika

Muuntamoprojekteissa on sovittu muuntamon osalta työajaksi noin 180 - 220 asentajatuntia. Kuitenkin jokainen lisätyö, joka rakennuttajan kanssa sovitaan, kasvattaa työaikaa. Kaivutöiden osalta on sovittuna, että jos kohteen kaivu on 200 m, niin työaikaa kaivuosalta menee 6 vk. Jokainen yli 200 m:n kaivuosa kasvattaa projektin kokonaisaikaa. [7.]

Eltelillä on käytössä projektin aikataulutukseen MS-project-ohjelmisto, jolla saadaan tehtyä jokaisesta työvaiheesta diagrammi ja aika sen tekemiseen. MS-projectissa määritetään kohteen tiedot, sähköinen valmiuspäivämäärä, kaivutöihin menevä aika, asennustöihin menevä aika sekä mahdolliset jälkitöihin menevä aika (liite 1).

#### 5.6 Suunniteltu muuntamoprojektin kustannus

Projektin kustannus tulee ilmi saadusta tilauksesta, kuitenkin lisätyöt ja vastaavat nostavat projektin alkukustannusta. Yleensä lisäkustannukset tulevat ilmi, kun kohdetta on alettu jo urakoimaan. Suurimmassa osassa projekteja kaivutöiden kustannukset ovat suuremmat, kuin asennustöiden kustannukset



## 6 Rakentamisen työvaiheet

### 6.1 Rakentamisen yksiköt

Urakoitsija ja tilaaja ovat sopineet jokaiselle muuntamokohteelle omat rakentamisen ja saneerauksen yksiköt, joilla työtä tehdään. Jokainen yksikkö sisältää työvaiheet, joiden mukaan työ toteutetaan. Kiinteistömuuntamon saneeraus ja rakentaminen on sovittu tehtäväksi yksiköiden mukaisesti.

Kiinteistömuuntamon yksiköt ovat määritelty 1 000 kVA, 1 600 kVA ja 2 x 1 000 kVA (kaksoismuuntamo) kohteille. Kiinteistömuuntamon rakentamiselle ja saneeraukselle on omat yksiköt. Jokaiseen yksikköön kuuluu noin 10 - 15 kappaletta erilaisia työvaiheita. Työvaiheet, jotka kuuluvat sekä rakentamiseen, että saneeraukseen ovat: muuntajan, pj-kojeiston ja kj-kojeiston haalauksen ja asennuksen kohteeseen, mutta ei sisällä hankintaa. Muuntajan ja kojeistojen haalaus sisältää kaikki valmisteltavat työt ja kuljetukset muuntamotilaan. Jos kiinteistön muuntamotila ei sijaitse maanpäällisessä kerroksessa, silloin laskutetaan lisätyötä, jotta komponentit saadaan paikoilleen.

Kojeistoille tehdään kannatus- ja tukiraudat. Kj- ja pj-välikaapeloinnit sekä sulakkeiden asennukset. Muuntajan kosketussuojauksen tekeminen. Maadoitusten sekä maadoituskiskon asentaminen ja tekeminen. Mahdollinen työsuunnitelmassa esitetyn vaaka-maadoituselektrodin liittäminen muuntamossa. Muuntamotilaan asennetaan myös valaistus ja mahdolliset pistorasiat. Asennusaukkojen eteen tehdään peitelevyt, jotta liittimiin ja kaapeleihin ei päästä koskemaan. Jäähdytyslaitteet liitetään ja jäähdytyspuhaltimeille asennetaan lämpösuoja. Korvausilma sisäänottoaukolle tehdään kehys ja asennetaan suodatin.

Muuntamoon asennetaan osoitekilvet sekä varoituskilvet. Muuntamoon asennetaan WIMO-valvontalaite yksikkö. Jokaiseen muuntamoon lisätään muuntamon oveen yksilöllinen muuntamon numerokilpi, jolloin muuntamot ovat tunnistettavissa. Lisäksi saneerauksessa erillisenä työvaiheena on muuntamon sisäpintojen uusiksi maalaaminen, ennen kuin uudet laitteistot tuodaan sisään. Saneerauksessa puretaan myös vanhan muuntamon kytkennät ja laitteistot. [8.]

## 6.2 Muuntamo rakentamisen työmenetelmät

Rakentamisen työmenetelmät käsittävät puistomuuntamon rakentamista. Ennen kuin puistomuuntamo tulee kohteeseen, kaivajat hoitavat kohteessa rengasmaadoituksen kuntoon. Rengasmaadoitus tehdään siten, että käytetään 70 mm<sup>2</sup>:stä kuparia ja ensimmäinen lenkki tulee 1 m:n päähän muuntamosta 50 cm:n syvyyteen, toinen lenkki tulee 2 m:n päähän muuntamosta ja 70 cm:n syvyyteen.

Sen jälkeen, kun alueelle on tehty rengasmaadoitus, ja muuntajan paikka on tasoitettu, seuraavaksi sovitaan nostourakointi yrityksen kanssa muuntajan nosto paikoilleen. Ensimmäiseksi kehikko nostetaan paikalleen, johon muuntaja lasketaan. Näin muuntamon paino asettuu tasaisesti alustalle. Muuntamon kalusteet saadaan paikalleen siten, että muuntamosta otetaan irrallinen katto pois paikaltaan ja näin saadaan nostettua muuntaja ja kj-kojeisto. Puistomuuntamoihin toimittaja on jo valmiiksi asentanut pj-kojeiston paikalleen. Kun kj-kojeisto ja muuntaja on saatu nostettua ja asennettua paikalleen, laitetaan katto takaisin ja pultataan se tiukasti kiinni. Nykyisin puistomuuntamot on nopea kalustaa tällä tavalla.

Kun komponentit on saatu muuntamoon paikalleen, aloitetaan seuraavaksi asennustyöt muuntamon sisällä. Ensimmäisenä työvaiheena on välikaapeloinnin eli jomppien tekeminen muuntajalta kj- ja pj-kojeistoille. Kun kohteeseen on saatu vedettyä uudet kaapelit, seuraava vaihe on kaapelien saaminen muuntamotilaan. Kun kaapelit on saatu sisälle muuntamoon, aletaan tehdä niihin valmiiksi kaapelipäätteitä. Kaapelipäätteiden tekemisen jälkeen kytketään ne valmiiksi kojeistoihin ja aletaan valmistella kj-kaapeleiden jatkojen tekoa, jotta saadaan muuntamo kytkettyä kj-verkkoon. Uusissa kohteissa, kun muuntamo on ensin saatu kytkettyä kj-verkkoon, aletaan vetää pj-kaapeleita asiakkaille ja jakokaapeille, jotta saadaan pj-verkko myös kytkettyä. [7.]

## 6.3 Muuntamo saneerauksen työmenetelmät

Muuntamosaneerauksessa on kaksi yleisintä työmenetelmää, mitä käytetään. Ensimmäisenä on pj-syöttö. Pj-syötössä katkaistaan muuntamoon menevä kj-verkko pois käytöstä, ja jatketaan se yhteen muuntamon ulkopuolella. Seuraavaksi irrotetaan pj-kojeistosta pj-kaapelit irti, ja yhdistetään ne käyttämällä kutistehuppuja kaapeleiden päähän. Tämä siksi, että pj-kaapelit saadaan kojeistosta irti, mutta asiakkaat kärsivät

vain pienestä katkosta. Kun muuntamosta on saatu erotettua kj- ja pj-verkko, voidaan tehdä tämän jälkeen muuntamon sisäinen saneeraus. Ensimmäisenä maalataan muuntamon seinäpinnat ja vasta sen jälkeen aletaan vaihtaa kojeistoja, ja muuntajaa.

Kun kaikki sisäpuolella tehtävät työvaiheet on saatu suoritettua, seuraavaksi aloitetaan kääntämään kj- ja pj-verkkoa takaisin saneerattuun muuntamoon. Ensimmäisenä muuntamoon kytketään kj-verkko, koska sillä saadaan varmistettua muuntamon syöttö myös toiseen suuntaan, jos on tarvetta. Jos ensimmäisenä kytkee pj-verkon on riskinä, että verkko tai kojeisto hajoaa. Tämän seurauksena sähkötkatkeavat useammalta asiakkaalta. Ensimmäisenä siis katkaistaan muuntamon edessä aikaisemmin jatkettu kj-kaapeli ja käännetään se takaisin muuntamoon. Sen jälkeen poistetaan pj-kaapeleista aikaisemmin tehdyt kutistehuput sekä tehdään niihin uudet päätteet, ja kytketään ne pj-kojeiston liittimiin. Tätä työmenetelmää käytetään yleisesti isommissa muuntamo saneeraus kohteissa tai jakokaappi kohteissa, koska pj-verkko on yleensä rinnakkaisyötössä. Koko työmenetelmän hyötynä on, että asiakkaitten sähköttömyys on lyhyt aikaista.

Toinen työmenetelmä, jota käytetään saneerauksessa yleisesti, on väliaikaisen muuntamon käyttäminen. Väliaikaisen muuntamon käyttöönotossa käännetään ensimmäisenä toinen kj-kaapeleista saneerattavasta muuntamosta väliaikaiseen muuntamoon. Tämä siksi, että saadaan pj-kojeisto toimintavalmiuteen, ja voidaan alkaa tekemään kääntöjä pj-kaapeleille. Tärkeää on myös saada kj-verkko toimintakuntoon saman viikon aikana, eikä jättää sitä kesken viikonlopun yli.

Kun kaikki pj-kaapelit on saatu väliaikaiseen muuntamoon asennettua, voidaan seuraavaksi kääntää toinen jäljellä oleva kj-kaapeli väliaikaiseen muuntamoon. Kun kaikki käännöt on tehty, sen jälkeen voidaan saneerattavan muuntamon sisäiset asennukset tehdä. Saneerauksessa olevan muuntamon sisäasennuksien valmistuttua tehdään aikaisemmin mainitut kaapelin käännöt käänteisessä järjestyksessä. Tämän työmenetelmän tarkoituksena on saada verkosta mahdollisimman paljon pois vanhoja öljypaperieristeisiä kaapeleita. [7.]

## 7 Toteutunut muuntamoprojekti

### 7.1 Laitteiston käyttöönotto, merkinnät ja opasteet

Kun projekti on toteutunut asennusten osalta, seuraavaksi tehdään merkinnät kuntoon kohteessa. Ensimmäiseksi merkitään uudet kj- ja pj-liittymisjohdot. Kaapeliin kirjoitetaan valkoisella tussilla kaapelin numerointi, kaapelin tyyppi sekä viimeiseksi kaapelin poikkipinta-ala. Kaapelit on merkittävä tarkasti, jotta kartoittajat saavat karttapohjaan tehtyä verkon muutokset oikein. Myös kaikki kaapelin jatkomontut kuvataan, että voidaan jälkikäteen tunnistaa kaapelit valokuvista. Kj-kojeistoon merkitään osoite ja muuntamo mistä kyseinen kaapeli tulee. Lisäksi merkitään muuntajalle lähtevä kaapeli ja toiselle muuntamolle menevä kaapeli. Pj-kojeiston lähtöihin tehdään osoitelaput, joista käy ilmi mihin lähtevä kaapeli menee.

Osoitelappuihin merkitään, meneekö kaapeli jakokaapille vai onko kyseessä liittymisjohto. Osoitelappuihin kirjoitetaan kohteen osoite, kaapelityyppi sekä sulakekoko. Esimerkkinä LJ Myrskyläntie 82, 3. AXM 185, 200 A. Jonovarokeytkimiin lisätään myös varoitustarrat kuten varo rinnakkaissyöttöä, jakoraja, älä kytke miehiä työssä tai epä-kunnossa.

Koko rakentamisen tai saneerauksen aikana on tärkeää merkitä kaapeleita sitä mukaa, kun saadaan kohdetta valmiiksi. On mahdollista, että kohteesta joudutaan poistumaan välillä. Siksi seuraava, joka kohdetta tulee urakoimaan, on tietoinen mihin tilanteeseen muuntamon urakointi on jäänyt. Lisäksi jokaiseen muuntamoon lisätään hätäensiapuohje kyltti, joka muistuttaa paineluelvytyksestä sekä, miten toimia hätätilanteessa oikeaoppisesti. Kun merkinnät ja kyltit on lisätty muuntamoon, seuraavaksi testataan, onko laitteisto kunnossa. Laitteistot mitataan eristysvastusmittauksella. Jos laitteisto todetaan olevan kunnossa, voidaan kaapeleilla päästää sähköä. [7.]

### 7.2 Käyttöönottotarkastuspöytäkirja

Käyttöönottotarkastuspöytäkirjan tulee olla (KTMP 5.7.1996/517) mukainen. Laissa on määritelty tarkasti millainen pöytäkirjan tulee olla missäkin kohteessa. Lain 1 luvussa 2§ määrittellään sähkölaitteiston eri luokat milloin käyttöönottotarkastuspöytäkirja täytyy olla. Käyttöönottotarkastuspöytäkirjan sähköturvallisuuslain lain 2 luvussa 3§ kohdassa

on määritelty, että käyttöönottotarkastus on riittävässä laajuudessa selvitetty, ettei kohteesta aiheudu vaaraa ja häiriötä ihmisille tai omaisuudelle. [9.]

Käyttöönottotarkastuksissa määritellään kohteen turvallisuus aistinvaraisella tarkastuksella, mittauksilla sekä toiminnallisilla kokeilla. Aistinvaraisia tarkastuksia tehdään koko saneerauksen tai rakentamisen aikana, mutta mittaukset tehdään vasta asennuksien loppuvaiheessa. [10.]

Käyttöönottotarkastuspöytäkirja sisältää kohteen tiedot, selvityksen sähkölaitteiston säännösten sekä määräysten mukaisuudesta ja tarkastuksien ja mittauksien tulokset. Pöytäkirjaan tulee myös tarkastuksen tehneen henkilön allekirjoitus ja päivämäärä, milloin kohde on tarkastettu. Puisto- ja kiinteistömuuntamon käyttöönottotarkastuspöytäkirjana käytetään TP05-pöytäkirjaa. (liite 2).

### 7.3 Loppudokumentointi

Tilaaajalle lähetetään valmiista projektista tarvittavat ja sovitut dokumentit. Dokumentit, jotka lähetetään ovat seuraavat:

- Headpower-mukaiset käyttöönottotarkastuspöytäkirjat
- asentajan allekirjoittamat kaappikortit, joihin on kirjattu mahdolliset muutokset
- kohteen suunnitelma, jossa on leima, että työ on tehty suunnitelman mukaisesti.

### 7.4 Työkohteen luovutus tilaajalle

Valmis muuntamoprojekti luovutetaan tilaajalle, kun yhdessä rakennuttajan kanssa on pidetty vastaanottotarkastus. Rakennuttajan kanssa käydään paikan päällä kohteessa tarkastamassa, että työ on tehty suunnitelmien mukaisesti, ja merkinnät ovat kunnossa. [7.]

Rakennuttaja tarkastaa kohteesta merkinnät, että kohde on toteutettu suunnitelmien mukaisesti. Esimerkiksi jos kohteen merkinnöissä on virhe tai sitä ei ole tehty suunnitelmien mukaisesti, silloin rakennuttaja antaa kohteesta sovitun poikkeaman.

Poikkeamia on käytössä kolme eri tyyppiä: 1 luokan poikkeama, 2 luokan poikkeama, 3 luokan poikkeama. Jokaiselle poikkeamalle on määriteltä tarkempi syy, minkä takia poikkeama on tullut (liite 3).

#### 7.5 Toteutunut työaika

Suunniteltu projektiin kuluva työaika projektin alussa oli arvioitu ja laskennallisista laskettu. Oikea projektinaikataulu alkaa muotoutua vasta projektin käynnissä ollessa. Mahdolliset viivästyksset esimerkiksi tavarantoimittajan puolesta viivästyttävät projektia, näitä harvemmin osataan ottaa huomioon, kun projekti tilaajan puolesta tilataan. Lisäksi kohteessa ilmestyneet lisätyöt kasvattavat aina projektin alkuperäistä työaika.

Kun viivästyminen alkuperäisestä huomataan, tästä laitetaan rakennuttajalle uusi aikatauluehdotus RKJ:n kautta, jonka rakennuttaja hylkää tai hyväksyy. Silloin kun alkuperäisessä sovitussa aikataulussa ei pysytty ja tästä ei ilmoitettu, rakennuttaja laittaa kohteesta viivästymissakon. Viivästymissakko on prosentuaalinen summa projektin kustannuksesta ja se määräytyy viikkojakson mukaisesti. Viikkojakso tarkoittaa sitä, että jokaiselta alkavalta myöhästyneeltä viikolta tulee viivästymissakko.

#### 7.6 Toteutunut kustannus

Kun projekti saadaan päätökseen, sen jälkeen työnjohtaja lähettää tilaajalle RKJ:stä laskutusehdotelman, jossa on yhdistetysti asennus ja kaivu-urakoitsijan työmäärät sekä materiaalit. Laskutusehdotelmaan lisätään kaikki lisätyöt, mitä ei ollut otettu huomioon, kun alkuperäinen tilaus on lähetetty.

Jos tilaaja hyväksyy laskutusehdotelman sellaisenaan, tulee siitä urakoitsijalle ilmoitus sähköpostiin. Tilaaja voi myös hylätä laskutusehdotelman ja siitä tulee ilmoitus, miksi laskutusehdotelma on hylätty. Mikäli projektin aikana on tullut poikkeamia kohteesta, ne vähentävät määrätyn prosentuaalisen summan kokonaiskustannuksesta. Suurimassa osassa projekteja alkuperäinen tilattu kustannus on pienempi kuin lopullinen projektin kustannus.

## 8 Muuntamosaneerauksen ja rakentamisen esimerkkikohteet

### 8.1 Puistomuuntamo

#### **Myrskyläntie 18, Uusi erillismuuntamo 2037 ja vanhan muuntamon 2844 purku**

Kohteessa oli uusi kiinteistön omistaja irtisanonut vanhan muuntamon vuokrasopimuksen ja vanhoja kiinteistöjä alettiin saneerata. Vanha kiinteistömuuntamo oli rakennettu vuonna 1972. Vanha muuntamo on nykyisten standardien mukaan vaarallinen, koska kiskostojen suojaus oli toteutettu käyttämällä häkkiä. Häkkisuojausssä häkin ja katon väliin jää avonainen tila, josta on mahdollista koskettaa jännitteisiä kiskoston osia. Tämän takia kohteeseen rakennettiin uusi puistomuuntamo korvaamaan vanha vaarallinen kiinteistömuuntamo.

Ensimmäisenä kohteessa kävi kaivu-urakoitsija tekemässä ja tasoittamassa paikan, johon puistomuuntamo koppi sijoitettiin. Kaivajat myös tekivät samalla rengasmaadoituksen muuntamolle. Maadoitus tehtiin käyttämällä 70 mm<sup>2</sup>:n kuparia. Kaivajat tekivät myös kaapeliojat kj- ja pj-kaapeleita varten. Kuvassa 2 näkyy alue, joka on tasoitettu muuntamokoppia varten sekä muuntamolle tehdyn rengasmaadoituksen kuparit.



Kuva 2. Muuntamokoppia varten tasoitettu alue sekä rengasmaadoituksen kuparit

Kun kaivutyöt kohteessa oli saatua tehtyä, seuraavaksi alettiin suunnitella aikataulua milloin muuntamokoppi tuodaan paikan päälle. Eltel käyttää raskaimmissa nostoissa aliurakoitsijaa, jolla on valmius nostaa tavarat paikoilleen. Kuvassa 3 näkyy paikalle tullut nostoauto, jolla oli mukana muuntamokoppi, kj-kojeisto sekä muuntaja.



Kuva 3. Nostoauton paikalle tuomat muuntamokoppi, kj-kojeisto ja muuntaja

Kun tavarat saatiin paikalle, ensimmäisenä nostettiin alustalle betonista tehty kehikko, jonka päälle muuntamokoppi nostettiin. Betonikehikko tasaa muuntamokopin painon jakaantumisen tasaisesti alustalle. Kuvassa 4 (ks. seur. s.) voidaan nähdä betonikehikko sekä muuntamokopin nostaminen paikoilleen.





Kuva 4. Muuntamokopin nostaminen paikoilleen

Muuntamokopin asetuttua paikalleen, seuraavaksi asentajat irrottivat muuntamon sisältä pultit, joilla katto on kiinni kopissa. Katto irrotettiin sen takia, että oli mahdollista nostaa yläkautta paikalleen sekä kj-kojeisto että muuntaja. Muuntaja nostettiin kopin perällä sijaitsevaan muuntajalle varattuun tilaan. Ensimmäiseksi kuitenkin laitettiin muuntajan alle tärinänvaimentimet, jotka estävät muuntajan liikkumisen kiskostolla. Kj-kojeisto nostettiin kopissa sijaitsevaan alumiiniseen kehikkoon ja pultataan siihen kiinni. Muuntamokopeissa on valmiina valmistajan kiinnittämä ja asentama pj kojeisto. Kun kaikki saatiin kiinnitettyä paikalleen, nostettiin katto takaisin paikalleen ja pultattiin se kiinni.

Ensimmäisenä muuntamon sisällä tehtiin välikaapeloinnit muuntajan ja kojeistojen välille. Kj-välikaapeloinnit tehtiin käyttämällä HXCMK 1 x 35 + 16 kuparikaapelia. Pj-välikaapeloinnit tehtiin käyttämällä XMK-PLUS 4 x 185 kuparikaapelia. Kuvassa 5 näkyy kuorittu pj-kaapeli XMK-PLUS 1 x 185.



Kuva 5. Pj-välikaapeloinnissa käytetty kuparikaapeli XMK-PLUS 1x185

Välikaapelointia varten tehtiin muuntajatilaa kaapelihylly jonne kaapelit asennettiin. Yleensä joudutaan myös tekemään lisätukia kaapelille, jolla saadaan estettyä kaapelin roikkuminen. Mikäli kaapeli jää roikkumaan paljon, se kuormittaa kaapelia, ja näin ollen kaapelin käyttöikä lyhenee. Kuvassa 6 näkyy asennetut kaapelit ja kaapelien lisätuki.



Kuva 6. Kohteeseen tehdyt kaapelihylly ja lisätuki kaapeleille

Kj-kojeistoille meneviin kj-kaapeleihin tehtiin myös 16 mm<sup>2</sup>:n konsentrisen kuparimaa-  
doitus, jonka tarkoituksena on suojata kaapeleihin mahdollisesti tuleva vikatilanne. Kun  
kj-kaapelit saatiin vedettyä kojeistoille asti, seuraavaksi kaapeleihin tehtiin päätteet,  
jolloin ne oli mahdollista asentaa kj-kojeistossa oleviin liittimiin. Siemensin kj-  
kojeistossa välikaapeloinnin liittimet ovat kojeiston yläpäässä olevan luukun takana.  
Kaapelin jokainen vaihe liitettiin omaan kaapelikiskostoon kojeistossa. Kuvassa 7 on  
nähtävissä muuntamoon asennettu Siemensin SF<sub>6</sub>-kaasulla varustettu kj-kojeisto. Ku-  
vasta 7 voidaan myös nähdä kojeiston yläluukku, jonka takana on kj-kojeiston välikaa-  
peloinnin liittimet.



Kuva 7. Siemensin SF<sub>6</sub>-kaasulla varustettu kj-kojeisto

Kun välikaapeloinnit saatiin tehtyä kj-puolelle, seuraavaksi tehtiin pj-puolen välikaape-  
loinnit. Pj-kaapelit tuotiin samaa kaapelihyllyä pitkin kuin kj-kaapelit. Pj-kaapeleiden  
asentaminen oli haastavampaa, koska muuntajan ensiöpuolelta tuli kj-kaapeleita vain 3  
kappaletta, kun taas pj-puolen kaapeleita toisiopuolelta tuli 14 kappaletta. Tästä syystä  
on tärkeää suunnitella, kuinka kaapelit saadaan järkevästi mahtumaan ahtaalle hyllylle.  
Pj-kaapelit asennettiin pj-kojeistoissa kiskoihin ja ennen pääkytkintä, jolloin oli mahdol-  
lista katkaista pj-kojeistoista syöttö pois siten, että muuntaja jää päälle. Kohteeseen oli  
muuntamovalmistajan toimesta asennettu valmiiksi Elkamon pj-kojeisto, joka on nähtä-  
vissä kuvassa 8 (ks. seur. s.).



Kuva 8. Elkamon pj-kojeisto

Kun välikaapeloinnit saatiin asennettua kojeistoihin, seuraavaksi liitettiin välikaapelointi muuntajalle. Muuntajalla kj-kaapelin vaiheisiin tehtiin päätteet, ja kytkettiin ne sitten ensiöpuolen kj-liittimiin. Muuntajan toisiopuolen napoihin liitettiin momenttikiristeiset liittimet, joihin pj-puolen vaihekaapelit kytkettiin. Momenttikiristeisiä liittimiä käytetään siksi, että HSV vaatii niitä käytettävän. Kun pj-kaapelit saatiin liitettyä, seuraavaksi lisättiin kaapeleiden päälle kosketussuojaimet, jotka estävät mahdollisen liittimen paljaisiin osiin koskemisen. Kuvassa 9 näkyy kaapeleitten asennus kaapelihyllylle, kosketussuojaukset sekä kj- ja pj-kaapeleiden liitännät.



Kuva 9. Muuntajalle tehty kosketussuojaus ja kaapeleiden asennus

Välikaapeloinnin ja muuntajan kosketussuojauksien valmistuttua, seuraavaksi tehtiin muuntamon maadoitukset. Ensimmäisenä tehtiin maadoitukset muuntajalle. Muuntajasta maadoitetaan muuntajan kansi ja muuntajan pohja. Kun muuntaja tilassa olevat maadoitukset saatiin tehtyä, seuraavaksi maadoitukset tehtiin kojeistotilassa sekä yhdistettiin muuntajan maadoituskisko kojeistotilan kiskoon. Kuvassa 8 näkyy pj-kojeiston vieressä oleva kuparinen maadoituskisko (ks. ed. s.). Maadoituskiskoon liitettiin ensimmäiseksi kaivajien tekemä rengasmaadoitus. Tämän jälkeen tehtiin maadoitukset pj- sekä kj-kojeistoille käyttämällä 70 mm<sup>2</sup>:n kuparia.



Kuva 10. Uudet kj- ja pj -kaapelit

Samalla kun asentajat tekivät muuntamon sisällä asennustöitä, kaapelinveto porukka sai vedettyä uudet liittymiskaapelit muuntamolle. Kuvassa 10 on nähtävissä uudet liittymiskaapelit asennettuna. Vanhalle muuntamolle menneet kj- ja pj-kaapelit katkaistiin muuntamon edustalla. Uudet liittymiskaapelit puistomuuntamolta vedettiin vanhoille kaapeleille asti ja niihin tehtiin kaapelijatkot. Kaapelijatkoihin merkattiin valkoisella tussilla osoitteet mistä muuntamolta kaapelit tulevat ja minne muuntamolle, jakokaapille tai asiakkaalle menivät. Lisäksi merkittiin kaapelin lähtönumero sekä kaapelin tyyppi.

Kaapelit merkitään siksi, että kartoittajien on helpompi dokumentoida kaapelit HSV:n verkkokartalle. Kartoittajat myös ottivat koordinaatit jatkoista ja kaapeleista, jotta saatiin sijainnit oikein kartalle. Kuvassa 11 näkyy kaapeleihin tehdyt kj-jatkot.



Kuva 11. Kaapeleihin tehdyt kj-jatkot vanhan muuntamon edessä

Kun uudet kaapelit oli vedetty muuntamolle, vedettiin ensimmäisenä kj-kaapelit sisälle muuntamoon ja tehtiin niihin kulmapistokepäätteitä. Kohteessa käytettiin Raychemin sarjan kulmapistokepäätteitä. Ensimmäiseksi kaapeleista kuorittiin kaapelinpää näkyviin ja tehtiin suorakaapelipääte. Kaapelipääteeseen puristettiin tämän jälkeen kiinni kaapelikenkä.

Seuraavaksi kaapeliin lisättiin silikoniliukastetta, jolloin oli helpompi saada kulmapistokepääte pujotettua kaapeliin. Kun kulmapistokepäätteet saatiin tehtyä, sen jälkeen asennettiin ne kj-kojeiston liittimiin. Lopuksi päätteen pätyyn lisättiin kartiomallinen päätykappale.

Kuvassa 12 näkyy Raychemin kulmapistokepääteen asennukseen tarvittavat osat (liite 4). Kun kulmapistoke päätteet saatiin paikalleen, lisättiin johtimien ympärille maasulkupanta, joka kytkettiin muuntamon valvontayksikkö WIMO:n kiinni.



Kuva 12. Kulmapistokepäätepakkaus

Kuvassa 13 näkyy valmiit kulmapistokepäätteet, maasulkupanta sekä konsentrinen maadoitus kaapelille. Kun kaapelityöt oli tehty, lisättiin kj-kojeistoille kj-sulakkeet, jotka suojaavat muuntajaa.



Kuva 13. Kj-kojeistoon tehdyt kulmapistokepäätteet

Kun kj-kaapelit saatiin kytkettyä, seuraavaksi asennettiin pj-kaapelit kojeistoon. Pj-kaapeleihin ei tehdä samanlaisia päätteitä kuin kj-kaapeleihin. Pj-kaapelit ainoastaan kuoritaan päästä, ja lisätään johtimiin kaapelikenkä. Kun kaapelikenkä saatiin paikoilleen, asennettiin se pj-kojeiston jonovarokeytkimen liittimiin. Viimeiseksi lisättiin jonovarokeytkimelle sulakkeet. Välikaapeloinnit ja uudet liittymiskaapelit tehtiin ensimmäisenä kuntoon, jolloin oli mahdollista viimeistellä muuntamotyöt muuntamon ollessa jo toiminnassa.

Kaapelointien jälkeen, asennettiin muuntamoon WIMO-muuntamovalvontayksikkö. Muuntamovalvontayksikköjä on käytössä kaksi erilaista kappaletta. Toisesta täytyy käydä hakemassa paikan päältä mittausdata talteen, ja joissakin kohteissa mittausdata saadaan lähetettyä GSM-lähettimen avulla suoraan HSV:n käyttökeskukseen. Tässä kohteessa WIMO oli vanhanaikaisempi, ja siitä täytyy hakea mittausdata paikan päältä talteen.

Ensimmäisenä WIMO-rasialle vietiin muuntajalta pt100 lämpötilan mitta-anturi. Kuvassa 9 näkyvä (ks. s. 22) valkoinen kaapeli on WIMO:lle tuleva pt100 mitta-anturi. Seuraavaksi asennettiin WIMO:lle maasulkuvirran mittaus. Maasulku anturi kierrettiin kj-kojeistossa kaikkien kj-kaapeleiden vaihejohtimien sekä konsentrisien maadoitusjohtimien ympäri.

Tämän jälkeen vedettiin kj-kojeiston pohjasta muoviputki ja tuotiin se kojeiston alakautta takaseinää pitkin WIMO-rasialle. Maasulkuanturin mittausjohdin pujotettiin muoviputkesta kj-kojeistolta WIMO-rasialle ja kytkettiin siellä vahvistimeen VA10CR. Lisäksi maasulkupannan kehän läpi vedettiin 6 mm<sup>2</sup>:n mk-johdin, jonka päät kytkettiin WIMO-rasian riviliittimille. Mk-johtimen tarkoitus on syöttää tarvittaessa koestusvirtaa indikoinnin testauksen yhteydessä.



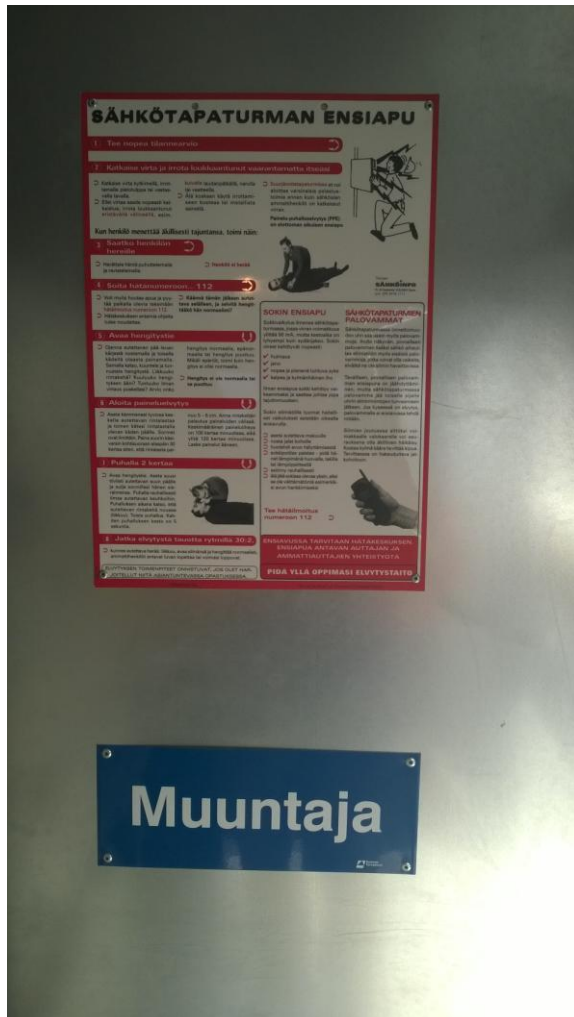
WIMO-rasia asennettiin seinälle mahdollisimman lähelle kj-kojeistoa. Ohjeissa on, että WIMO-rasiassa oleva vahvistin VA10CR saa olla enintään 3 m:n päässä maasulkuan- turista. Kuvassa 14 on nähtävissä asennettu WIMO-rasia sekä putki, joka tulee kj-kojeistolta.



Kuva 14. Kj-kojeiston läheisyyteen seinälle asennettu WIMO-rasia

Kun kaikki sähköiset työt kohteessa saatiin tehtyä, viimeisenä muuntamoon lisättiin kaikki kaapeleiden merkinnät, kojeistojen osoitteet sekä tunnuksset.

Kj-kojeistoon merkittiin tulevan ja lähtevän kj-kaapelin osoite ja muuntamo mihin kaapeli meni. Lisäksi merkittiin, minkä kokoista muuntajaa kj-kojeisto syöttää ja minkä kokoiset kj-sulakkeet kojeistossa on. Pj-kojeistoon merkittiin muuntamon numero sekä muuntamon osoite. Lisäksi merkittiin jonovarokeytkimiin asennetut kaapelit erillisellä osoitekyltillä. Muuntajalle oleviin kaapeleihin lisättiin vaihejohtimien numerointi tarrat. Maadoituskiskoon lisättiin osoitekyltit, joista ilmenee, mikä oli maadoitettu ja millä kaapelilla maadoitus oli tehty. Seinälle ripustettiin kyltit, jotka voidaan lisätä kojeistoon riippumaan. Kyltteinä on esimerkiksi älä kytke miehiä työssä, jännitteinen ja varo rinnakkaissyöttöä. Viimeiseksi sisällä merkittiin muuntajan oveen ensiapukyltti sähkötapaturman sattuessa. Kuvassa 15 näkyy kiinnitetty ensiapukyltti. Viimeisenä lisättiin muuntamon ulkopuolelle muuntamonoveen muuntamon yksilöity tunnus, jolla muuntamo on erotettavissa.



Kuva 15. Seinälle asennettu ensiapu kyltti

## 8.2 Kiinteistömuuntamo

### **Heikkiläntie 6, vanhan muuntamon 276 korvaaminen uudella muuntamolla 527**

Kiinteistömuuntamo päätettiin saneerata uuteen, koska kohteessa kiinteistön omistajalla oli vanhalle muuntamon tilalle muu käyttötarkoitus. Vanha muuntamo oli rakennettu vuonna 1976 ja kohteessa oli kaksi 1 000 kVA:n muuntajaa. Kuvassa 16 on nähtävissä miten vanhan muuntamon kalusteet oli sijoitettu.



Kuva 16. Yleiskuva vanhasta muuntamosta

Normaalisti kiinteistömuuntamo saneerauksissa ensimmäisenä pyritään saada vanhat kalusteet kohteesta pois ja uudet paikalleen. Kohteessa työskentelyä helpotti, että uuden muuntamon kalusteet voitiin tuoda uudelle paikalle ilman, että vanhaa tarvitsi alkaa heti purkamaan. Tarkoituksena oli siis tehdä mahdollisimman paljon valmiiksi uudella muuntamolla, ennen kuin kj- ja pj-verkkoa alettiin siirtää, ja tämä siksi, että kuluttajat säästyivät ylimääräisiltä sähkön keskeytyksiltä.

Ensimmäisenä työvaiheena tuotiin uudet muuntajat, kj-kojeistot sekä pj-kojeisto uuteen muuntamotilaan. Kun kalusteet saatiin kuljetettua paikan päälle, seuraavaksi alettiin kiinnittää ja asetella niitä paikoilleen. Kalusteiden kiinnittämisen jälkeen alettiin tehdä kaapelihyllyjä, joita pitkin uudet liittymiskaapelit vedettiin sisään. Kaivu-urakoitsija kaivoi vanhat liittymiskaapelit esiin sekä kaivoi reitin, mitä pitkin uudet liittymiskaapelit vedettiin myöhemmin uudelle muuntamolle. Kuten puistomuuntamossa, myös kiinteistömuuntamossa ensimmäisenä tehdään välikaapeloinnista kj-kaapeloinnit kuntoon. Kiinteistömuuntamossa kaikki liittymiskaapelit sekä välikaapeloinnit kuljetettiin lattian alla tarkoitetussa välitilassa. Kuvassa 17 näkyy muuntajalta vedetty ja kiinnitetty kj-välikaapelointi.



Kuva 17. Kj-välikaapelointi muuntajalta kj-kojeistolle

Kj-välikaapelointi asennettiin kiinni muuntajan ensiöpuolen liittimiin kosketussuojatuilla pistokepäätteillä sekä tehtiin konsentrinen kuparimaadoitus suojaamaan kaapeleita. Tämän jälkeen kaapeleitten toiset päät kytkettiin kj-kojeistoon käyttämällä Raychemin kulmapistokepäätteitä.

Kuvassa 13 (ks. s. 25) on nähtävissä kulmapistokepäätteet kj-kojeistossa. Kj-välikaapelointien jälkeen, tehtiin pj-välikaapeloinnit muuntajalta pj-kojeistoille.

Muuntajan toisiopuolen napoihin liitettiin momenttikiristeiset liittimet, mihin pj-puolen vaihekaapelit kytkettiin. Kun pj-kaapelit saatiin liitettyä, lisättiin kaapeleiden päälle kosketussuojaimet, jotka estävät liittimien paljaisiin osiin koskemisen. Kohteessa saatiin pj-kojeisto asennettua muuntajien väliin, jolloin hyötynä on, että pj-välikaapelointien pituutta saatiin vähennettyä. Kuvassa 18 näkyy yleiskuva muuntajien asennuksista, pj-kojeiston asennuksesta sekä muuntajalle tehdyt kosketussuojaukset.



Kuva 18. Muuntajat, pj-kojeisto sekä valmiit välikaapeloinnit

Välikaapelointien valmistuttua, tehtiin kohteen maadoitukset. Kohteessa maadoitettiin kummastakin muuntajasta kansi ja öljypohja, kj-kojeistot, kj-välikaapelit, kj-liittymiskaapelit ja pj-kojeisto. Maadoituskisko asennettiin seinälle, ja siihen tulevia kaapeleita varten jouduttiin piikkaamaan lattiaa auki, jolloin maadoituskuparit saatiin tuotua kiskolle. Maadoitukset tehtiin käyttämällä 70 mm<sup>2</sup>:n kuparia. Kuvassa 19 (ks. seur. s.) on nähtävissä piikattu kohta, ja maadoituskiskoon tuodut kuparit merkintäkyltteineen.



Kuva 19. Maadoituskisko ja siihen tuodut kuparit

Maadoitusten valmistumisen jälkeen, aloitettiin tekemään kj- ja pj-verkon siirtämistä vanhasta muuntamosta uuteen muuntamoon. Ensimmäisenä vedettiin kj-kaapelit suunnitellulta jatkopaikalta uudelle muuntamolle. Kaapelit vedettiin sisälle muuntamoon sekä tehtiin niihin Raychemin kulmapistokepäätteet, ja kiinnitettiin ne kj-kojeistoon. Uudet kj-kaapelit tulivat lattiataason välitilasta ja ne kiinnitettiin kojeistoon alapuolelta. Kuvassa 20 näkyy kj-kojeisto ja kaapeleita suojaavat lattiapellit.



Kuva 20. Toinen Siemensin SF6-kaasulla varustetuista kj-kojeistoista

Tämän jälkeen vedettiin uudet pj-kaapelit jatkopaikalta muuntamon sisälle. Pj-kaapeleihin tehtiin myös pääte valmiiksi, ja kytkettiin ne pj-kojeistoon kiinni. Kaapelit kiinnitettiin kojeistoihin valmiiksi, jolloin katko aika kuluttajalle saatiin pienemmäksi. Aluksi vanhasta muuntamosta siirrettiin toinen syöttävä kj-kaapeli uuteen muuntamoon siksi, että vanha muuntamo jäi vielä syöttämään pj-kojeiston pj-kaapeleita kuluttajille.

Ensimmäiseksi toisesta kj-kaapelista katkaistiin sähkö. Sen jälkeen kaapeli katkaistaan ja se jatkettiin uuteen aikaisemmin vedettyyn uuteen kj-liittymiskaapeliin. Sen jälkeen voitiin testata, että kj-kojeisto oli kunnossa eikä se ole vahingoittunut matkan varrella. On järkevää testata kj-kojeiston, ja pj-kojeiston kunto, ennen kuin pj-kaapelit siirretään uudelle muuntamolle. Kj-kojeisto testattiin käyttämällä testisulaketta jokaisessa vaihejohtimessa ja sulakkeen palaessa nähtiin, että katkaisija kojeistossa toimi. Kun toimintakunto oli varmistettu, sen jälkeen alettiin yhdistämään kaapeli kerrallaan vanhan muuntamon pj-kaapeleita uuteen muuntamoon. Jokaisesta pj-kaapelista katkaistiin sähkö ja kaapeliin tehtiin jatko. Kuvassa 21 on nähtävissä kaikki vanhat sekä uudet kj- ja pj-kaapelit sekä niihin tehdyt jatkot.



Kuva 21. Uudet kj- ja pj-kaapelit sekä niihin tehdyt jatkot

Sen jälkeen, kun kaikki pj-kaapelit oli saatu käännettyä uudelle muuntajalle, viimeisenä käännettiin jäljellä oleva toinen kj-kaapeli uuteen muuntamoon. Ensimmäisenä tehtiin kuten aikaisemmassakin kj-kaapelissa. Uuden muuntamon puolella olevaan kaapeliin tehtiin kulmapistokepääte, ja asennettiin se kojeistoon jo valmiiksi paikalleen. Sen jälkeen tehtiin jatkomontussa kaapeli jännitteettömäksi, ja jatketaan vanha kj-kaapeli uuteen kj-liittymiskaapeliin. Kun kummatkin kj- ja pj-verkko oli asennettu uuteen muuntamoon valmiiksi, tehtiin kohteessa merkinnät, ja viimeistely asennukset kuntoon. Tarkemmin merkinnöistä ja WIMO:n asennuksesta on kerrottu puistomuuntamon esimerkki kohteessa luvussa 8.1 (ks. s. 26 - 28). Kuvassa 22 on nähtävissä kohteeseen seinälle lisätyt kyltit ja WIMO-rasia.



Kuva 22. Seinälle lisätyt kyltit, WIMO-rasia, sekä tunnukset kj-kojeistossa

Kun uusi muuntamo oli täysin sähköisessä toiminnassa ja kaikki työt oli tehty, viimeisenä käytiin purkamassa vanhasta muuntamosta kalusteet pois. Vanhat kalusteet toimitettiin rakennuttajan määräämään paikkaan. Yleensä kalusteet viedään HSV:n varastolle, mutta jos kalusteet ovat todella huonossa kunnossa, viedään ne suoraan romuttamolle romu metalliksi.



## 9 Muuntamoprojektin työn tehostaminen

### 9.1 Projektien työajan tehostaminen

Työaikaa saadaan tehostettua, kun pysytään tarkasti suunnitellussa aikataulussa. Nykyään liian monesti joudutaan odottelemaan työmaalla, että joku muu tekee työnsä valmiiksi. Kaikki lisätyöt, mitkä kohteesta ilmenevät täytyy saada välittömästi ilmoitettua rakennuttajalle, jolloin projektille saadaan haettua lisäaikaa.

Työaikaa on saatu tehostettua sillä, että asentajat tulevat jokaisen viikon alussa käymään aamupalaverissa työnjohdon työpisteellä, missä käydään läpi sen viikon aikana tehtävät työt. Tällä tavalla saadaan asentajien tietoon viikon keskeiset tehtävät projektissa, jolloin asentajat pääsevät viikon muina aamuina suoraan lähtemään työmaalle. Työaikaa saadaan tehostettua, kun asentajat pitävät tarkasti huolta, miten työaikaa käytetään, ei siis pidetä ylipitkiä lounastaukoja, kahvitaukoja ja aamuisin lähdetään heti työmaalle.

### 9.2 Projektien kustannusten vähentäminen

Projektien kustannuksia saadaan vähennettyä suunnittelemalla projekteja nykyistä paremmin. Jokainen projekti, missä on mukana kaapelinvetoa täytyy tarkasti laskea kaapelimäärät. Nykyään projekteissa jää liikaa keloihin kaapelinpätkiä, mitä ei saada hyödynnettyä muissa projekteissa.

Kustannuksia saadaan myös vähennettyä, kun ollaan tarkkana tavarantoimittajien tarjoamista hinnoista materiaaleille. Jo pelkästään jatkoksien hinnat vaihtelevat paljon eri tavarantoimittajien kesken. Kustannuksia saadaan myös vähennettyä, kun pyydetään isommissa UV-projekteissa tarjous tarvittavista tavaroista tavarantoimittajilta.

Projektit pitäisi pystyä tekemään ilman poikkeamia, mitkä vähentävät kokonaiskustannusta. Nykyään projekteissa liian moni poikkeama tulee huolimattomasta työskentelystä kuten merkinnöitten virheellisyydestä. Asentajien tulee olla tarkkana myös jatkoksien tekemisessä, koska jos jälkikäteen muistetaan, että jatkoksen tekemisessä tuli virhe niin nämä kustannukset ovat yleensä todella suuria. Varsinkin tapaukset, missä kaapelinjatkkoa varten tehdyt jatkosmontut ovat jo peitetty.

Uusille sopimuskausille pyritään saamaan paremmat, ja tarkemmat yksikköhinnat, jolloin kustannukset vähenevät projekteissa.

### 9.3 Asentajien ja työnjohdon työn tehostaminen

Työnjohdossa projektit täytyy suunnitella siten, että asentajien ei tarvitsisi vaihtaa keskeneräisestä projektista toiseen. Täytyy myös pohtia olisiko järkevämpää, että tietyt työparit erikoistuisivat tekemään muuntamoprojekteja pääsääntöisesti. Uusien työntekijöiden olisi tulevaisuudessa hyvä lähteä alussa vanhempien asentajien mukaan, jolloin heille saadaan tutuksi Eltelin työtavat muuntamoprojekteissa.

Asentajat ovat alkaneet vetämään kaapeleita projekteissa, jolloin saadaan pois työnsisauksia projekteista sekä työkuormaa pois aliurakoitsijoilta. Kaapelinvedosta saataisiin kannattavampaa ja tehokkaampaa, jos investoitaisiin lisää kaapelinvetolaitteisiin.

Työnjohdon työkuormaa on saatu pienennettyä sillä, että asentajille hankittiin digikamerat, millä he kuvaavat merkinnät valmistuneesta kohteesta. Tällä tavalla saadaan vähennettyä työnjohdon projektien tarkastuksia, ennen kuin siellä käydään rakennuttajien kassa vastaanottotarkastuksessa. Työnjohto voi nykyään toimistolla kuvista tarkastaa asentajien tekemät merkinnät. Työtä voitaisiin myös tehostaa, jos asentajat voisivat käydä tarkastamassa toistensa tekemiä töitä. Pitäisi myös keskustella voisiko ottaa käytäntöön mallin, jossa sairaustapauksien sattuessa voitaisiin korvaavana työnä asentajia ohjata tarkastamaan työmaita.

Eltelillä on myös käytössä Suomen laajuisesti palkitseminen hyvistä parannusehdotuksista. Ideariksi nimetty palkitsemistapa on siksi, että maan laajuisesti kehitetyt parannusehdotukset saataisiin yrityksen sisällä jaettua myös toisiin toimipisteisiin. Tulisi miettiä voitaisiinko tällainen käytäntö ottaa käyttöön myös tilanteessa, jos keksii parannusehdotuksen tai paremman työtavan liittyen muuntamoprojekteihin.

## 10 Yhteenveto

Insinööriyössä lähdettiin etsimään keinoja, millä muuntamoprojekteja saataisiin kannattavammaksi. Tarkoituksena oli löytää keinoja, millä aikaa ja kustannuksia saataisiin vähennettyä. Työssä käytiin läpi muuntamon rakenne, projektin suunnittelun työvaiheet sekä esiteltiin esimerkkikohteiden avulla muuntamoprojektien työvaiheet. Tarkoituksena oli löytää parannusehdotuksia projektien suunnittelusta sekä työvaiheista.

Insinööriyössä löydettiin muutamia keinoja, millä muuntamoprojektiin kuluva aikaa ja kustannuksia saatiin vähennettyä. Parannusehdotuksista pystytään päättämään, että muuntamoprojektien esisuunnittelulla saadaan parhaiten työaikaa ja kustannuksia vähemmän.

Insinööriyöllä saavutettiin syitä, miksi muuntamoprojektit eivät ole niin kannattavia, kun niiden haluttiin olevan. Havaituilla parannusehdotuksilla toteutetaan myöhemmin muuntamoprojektit, jolloin yritys hyötyy projekteista enemmän. Jatkossa keskitytään paremmin esisuunnittelemaan kohteet työnjohdossa, jolloin säästetään materiaalikustannuksista ja asentajien työajasta.

## Lähteet

- 1 Eltel Networks Oy. Verkkosivu. <<http://www.eltelnetworks.com/fi/suomi>>. Luettu 7.6.2014
- 2 Verkostosuositus RM 3:02. Kaapeliliitäntäinen verkonhaltijan muuntamo. Sener Sähköenergialiitto ry.
- 3 HSV liittymä keskijänniteliittyjien muuntamot SU20209. 2011. Verkkodokumentti. <<https://www.helen.fi/globalassets/suunnittelijat-ja-urakoitsijat/hsv/hsv-liittyma-keskijanniteliittyjien-muuntamot-su20209pdf>>. Luettu 18.7.2014
- 4 Partanen, Joni. 2014. Projektipäällikkö, Eltel Networks Oy, Tuusula. Keskustelut Kesä-Heinäkuu.
- 5 Elovaara. Haarla. 2011. Sähköverkot II. Helsinki. Otatieto.
- 6 HSV Turvallisuusohje T-007 Työskentely SF<sub>6</sub>-Kytkinlaitostiloissa. 2006. Verkkodokumentti. Luettu 20.6.2014.
- 7 Lindroos, Janne. 2014. Projektipäällikkö, Eltel Networks Oy, Tuusula. Keskustelut Elo-Marraskuu.
- 8 HSV Yksiköt muuntamorakentamisessa. Ei julkisesti saatavilla.
- 9 Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä 5.7.1996/517. 1996. Verkkodokumentti. <<http://plus.edilex.fi/tukes/fi/lainsaadanto/19960517?toc=1>>. Luettu 25.7.2014
- 10 Tiainen, Esa. 2012. D1-2012 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. Espoo. Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry.



## Puisto- ja kiinteistömuuntamon käyttöönottotarkastuspöytäkirja TP05

PUISTO- JA KIINTEISTÖMUUNTAMON KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUSPÖYTÄKIRJA TP05			
<b>Urakoitsijatiedot</b>			
Urakoitsija	Urakoitsijan nimi	Sähkötöiden johtaja	Sähkötöiden johtajan nimi
Osoite	Urakoitsijan osoite	Puh.	puh.numero
<b>Tarkastuskohde</b>		Tilajaajayhtiö	Helen Sähköverkko Oy
Työn nimi	Hankkeen kuvaus	Tilaaajan viite	Hankennumero
Muuntopiirin nimi / n:o	Muuntopiirin nro	Muuntopiirin osoite	Muuntopiirin osoite
Tarkastuskohteen työlaji	Ei täytetty	<input checked="" type="checkbox"/> 20 / 0,4 kv <input checked="" type="checkbox"/> 10 / 0,4 kv <input type="checkbox"/> MUU	KV
Käyttöönottotarkastus toteutetaan KTM:n päätöksen 517/1996 edellyttämällä tavalla			
Rakennuskohteessa on noudatettu suunnitelma-asiakirjoja sekä seuraavia standardeja:			
<input checked="" type="checkbox"/> SFS 6000 <input checked="" type="checkbox"/> SFS 6001 <input checked="" type="checkbox"/> SFS 6002 <input type="checkbox"/> SFS 6003 <input type="checkbox"/> SFS-EN 50423 / 50341 <input type="checkbox"/> MUU			
Sähköturvallisuusvaatimusten toteutuminen KTM päätöksen 1193/1999 mukaan:			
Sähköturvallisuusvaatimukset saavutettu <input checked="" type="checkbox"/>			
Sähköturvallisuusvaatimuksia ei saavutettu <input checked="" type="checkbox"/>			
<b>Tarkastuksen suorittaja</b>			
Allekirjoitus		Pvm.	päivämäärä
Selvennys	Allekirjoitus + nimen selvennys		
<b>TARKASTUSMERKINNÄT</b> <input checked="" type="checkbox"/> Kunnossa - Ei kunnossa <input type="checkbox"/> Ei kuulu rakenteeseen			
<b>A Yleistä</b>		Vian tai puutteen kuvaus	Korj. pvm. Nimi
1	Kulkureitit, reittiavain	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	Laitteiden ominaisarvot	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	Vähimmäisetäisyydet	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	Kaaviot	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	Dokumentointi / muutokset	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	Käyttö- ja huolto-ohjeet / Valmist. ohjeet	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	Johdinliitokset, liittimet, kiristykset	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	Asetusarvot	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	Muuntamon ja laitteiden tunnuksot	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	Hengenvaara -kilvet	<input checked="" type="checkbox"/>	
11	Ovet ja ovien lukitus	<input checked="" type="checkbox"/>	
12	Muuntamokoppi / muuntamotila	<input checked="" type="checkbox"/>	
13	Valaistus	<input checked="" type="checkbox"/>	
14	Akusto / akuston ilmastointi	<input type="checkbox"/> JÄTETÄÄN POIS	
15	Ilmastointi / ilmanvaihto	<input checked="" type="checkbox"/>	
16	Työmaadoitusten liitännäkohdat	<input checked="" type="checkbox"/>	
17	Sijainti ja turvallisuus	<input checked="" type="checkbox"/>	
18	Kaivujäljet, pinnoitteet	<input type="checkbox"/> JÄTETÄÄN POIS	
19	Työkohteen siisteys	<input checked="" type="checkbox"/>	
20	Muuntamon kiinteistösähköasennukset	<input type="checkbox"/> JÄTETÄÄN POIS	
<b>B Keskijännitelaitteet</b>		Vian tai puutteen kuvaus	Korj. pvm. Nimi
1	Kj-kojeistot	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	Kaap.päätteet ja kiinnitykset	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	Ylijännitesuojat	<input type="checkbox"/> JÄTETÄÄN POIS	
4	Kaap.taivutussäteet ja läpiviennit	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	Tukieristimet	<input type="checkbox"/> JÄTETÄÄN POIS	
6	Eroittimet	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	Katkaisijat	<input type="checkbox"/> JÄTETÄÄN POIS	
8	SF6 kaasunpaine	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	SF6 jännitteenilmaisim / testaus	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	Sulakkeet / sulaketoiminnan testaus	<input checked="" type="checkbox"/>	
11	Kj-lähtöjen merkinnät	<input checked="" type="checkbox"/>	

C Muuntaja		Vian tai puutteen kuvaus		Korj. pvm.	Nimi					
1	Muuntajan runko, öljysäiliö	X								
2	Muunt. väliottokytkimen asento (esim. 3)	0	JÄTETÄÄN POIS							
3	Muunt. väliottoa. portaiden lkm (esim. 5)	0	JÄTETÄÄN POIS							
4	Muuntajan eristimet	X								
5	Öljyvuo-dot	X								
6	Ominais-tiedot	0	JÄTETÄÄN POIS							
7	Muuntajan sarjanumero	X								
8	Lämpömittari	X								
D Pienjännitelaitteet		Vian tai puutteen kuvaus		Korj. pvm.	Nimi					
1	PJ-kojeisto	X								
2	Pj.keskuksen syöttöjohdot	X								
3	Kaapeli-lähdöt ja varokeyt-kimet	X								
4	Kaapeli- ja varokeyt-kinmerkinnät	X								
5	Pj- sulakkeet	X								
6	Virtamuuntajat	X								
7	Mittarit	X								
E Turvavälineet		Vian tai puutteen kuvaus		Korj. pvm.	Nimi					
1	Ensiapuohjeet	X								
2	Kiinteät ja siirrettävät varoituskilvet	X								
3	Työskentelysuojat	X	KÄYTETÄÄN TARVITTAESSA							
4	Työmaadoituslaitteet	0	JÄTETÄÄN POIS							
5	Jännitteenkoettimet	0	JÄTETÄÄN POIS							
6	Muut työ- ja turvavälineet	X								
F Maadoitukset		Vian tai puutteen kuvaus		Korj. pvm.	Nimi					
1	Kj-kojeistojen maadoitus	X								
2	Muuntajan runko	X								
3	Pj-keskuksen maadoitus	X								
4	Maadoituskiskon maadoitus	X								
5	PEN -maadoitus	X								
6	Potentiaalintasausrenkaat	X								
7	Maadoituselektrodit	X	KÄYTETÄÄN TARVITTAESSA							
8	Maadoitusjohtimet / liittokset	X								
G Mittaukset		Vian tai puutteen kuvaus		Korj. pvm.	Nimi					
1	Virrat	0	L1	A	L2	A	L3	A		
2a	Vikavirtasuojat	X	In / I <sub>sn</sub>	mA	In / I <sub>sn</sub>	mA	In / I <sub>sn</sub>	mA		
2b	Laukaisuaika	X	Aika	ms	Aika	ms	Aika	ms		
3	Suoja- ja PEN-johtimien jatkuvuus	X		Ω	TP022 PJ					
4	Laajan maadoitusverkon jatkuvuus	X		Ω	TP032 KJ					
5	Potentiaalintasausrenkaan jatkuvuus	X		Ω	TARKASTUS AISTINVARAISESTI					
6	Muuntajan T <sub>max</sub> °C	0	Ei täytetty	°C						
7	Jännitteet / V	X	L1-L2	L1-L3	L2-L3	L1-PEN	V			
8	Maadoitukset	0	Yhdis.	Ω	PEN	Ω	S	Ω		
9	Eristysvastus ( >= 1 MΩ )	0	Ei täytetty	MΩ						
10	Kiertosuunta ja vaiheistus	X								
Mittalaitteen tyyppi		esim. Profitest		Mittalaitteen numero		Ei täytetty				
Huomautukset, lisäselvitykset, poikkeamat suunnitelmista yms.										
Tähän kirjoitetaan kohdasta c muuntaja jännitteenvaihtokytkimen 10/20 kV asento.										

## Laatuseurantajärjestelmän poikkeama luokat

### LAATUSEURANTAJÄRJESTELMÄ

Laatutarkastelun poikkeamaluokat ovat:

1. Vakava poikkeama
2. Poikkeama
3. Lievä poikkeama

#### Luokka 1

- 1.1 sähkönjakelukeskeytyksestä tiedottamatta jättäminen
- 1.5 urakoitsijan aiheuttama sähkönjakelukeskeytys
- 1.10 Turvallisuusohjeiston noudattamatta jättäminen
- 1.15 hyväksymättömien tarvikkeiden käyttö
- 1.20 työmaa-aikaisten liikennejärjestelyiden puuttuminen
- 1.25 kaivantojen suojausten puuttuminen
- 1.30 hengenvaarallinen asennus
- 1.35 hanke toteutettu suunnitelman vastaisesti
- 1.40 maadoitusten puuttuminen
- 1.45 merkinnän puuttuminen
- 1.50 hankkeen viivästyminen ilman pätevää syytä
- 1.55 kartoitusilmoituksen puuttuminen??
- 1.60 hanke toteutettu määräyksien vastaisesti
- 1.65 käyttöönottotarkastuspöytäkirjan puuttuminen
- 1.66 loppuasiakirjojen puuttuminen
- 1.67 kartoituksen ja/tai sijaintitiedon dokumentoinnin puuttuminen
- 1.70 väärin laskutusperustein laadittu lasku
- 1.75 määräaikaan korjaamatta jäänyt poikkeama
- 1.80 muu vakava poikkeama

#### Luokka 2

- 2.1 keskijännitekaapeleiden vedoista ilmoittamatta jättäminen
- 2.5 työaikaisten merkintöjen puutteellisuus
- 2.10 työ tehty ohjeista ja määritelmistä poiketen
- 2.15 maadoitusten puutteellisuus
- 2.17 käyttöönottomerkinnän puuttuminen
- 2.20 hanketta ei ole laskutettu sovituissa aikataulussa
- 2.25 loppuasiakirjojen puutteellisuus
- 2.30 käyttöönottotarkastuspöytäkirjan puutteellisuus
- 2.32 kartoituksen ja/tai sijaintitiedon dokumentoinnin puutteellisuus
- 2.33 sijaintitiedon dokumentointia ei ole tehty sovituissa aikataulussa
- 2.35 aiheellinen asiakasreklamaatio (luokka 3)
- 2.40 muu poikkeama

#### Luokka 3

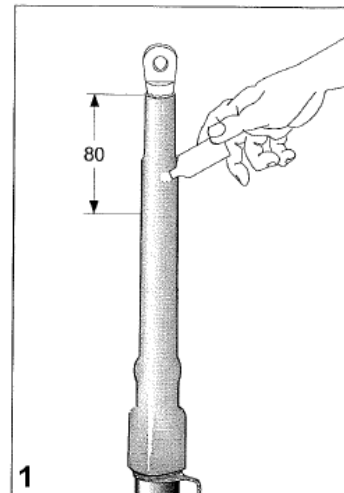
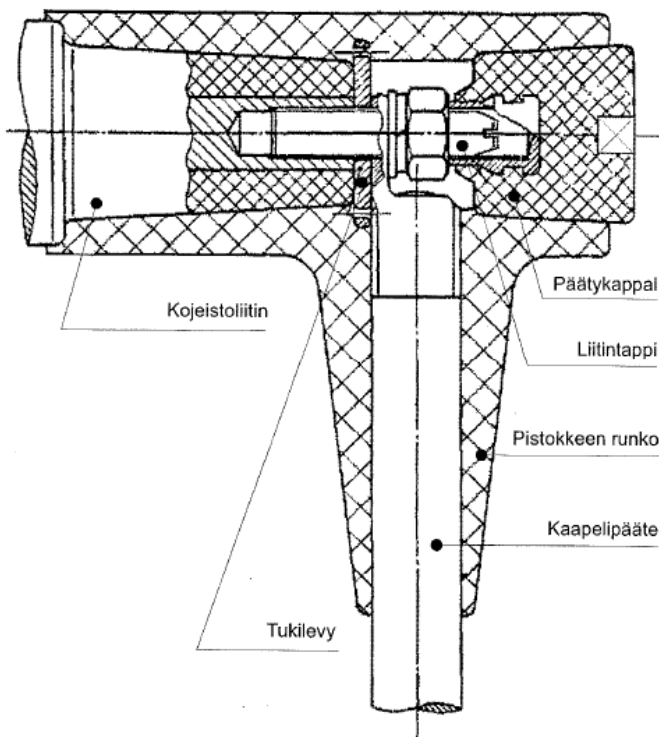
- 3.1 työmaa-aikaisten liikennejärjestelyiden puutteellisuus
- 3.5 kaivantojen suojausten puutteellisuus
- 3.10 työmaakylttien puutteellisuus
- 3.15 työmaan yleisen siisteyden/järjestyksen puutteellisuus
- 3.20 merkinnän puutteellisuus
- 3.22 sijaintikartan ulkoasussa on lieviä puutteellisuuksia
- 3.23 kartoitukseen liittyvien järjestelmämerkintöjen puutteellisuus
- 3.25 maarakennustöiden jälkityöt tekemättä annetussa määräajassa
- 3.30 laskun yksilöintitietojen puutteellisuus
- 3.35 muu lievä poikkeama



## Raychem kulmapistokepäänteen asennusohjeet

### Kulmapistokkeen asennus

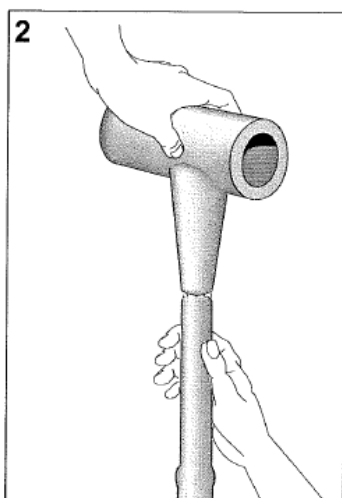
#### Osien sijainti valmiissa kulmapistokkeessa



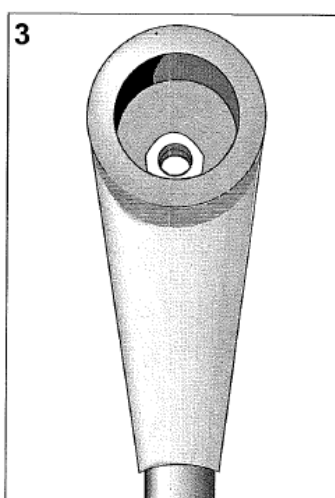
Levitä silikonirasvaa tasaisesti n. 80 mm matkalle päätteen kaapelikengän puoleiseen päähän kutistuletkun päälle.

Levitä liitosrasvaa pistokkeen tukilevyn päälle samoin kuin kaapelikengän kontaktipinnalle.

Työnnä kulmapistokkeen runko päätteen päälle. Kulmapistokkeen pidemmän ulokkeen tulee osoittaa kojeistoliitintä kohti.

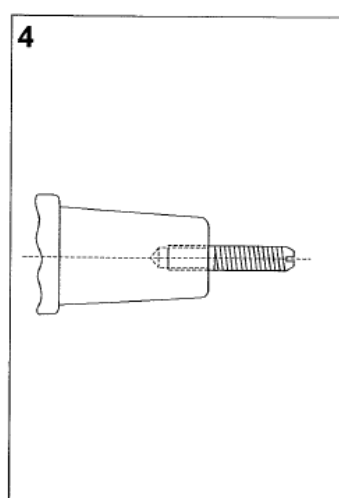


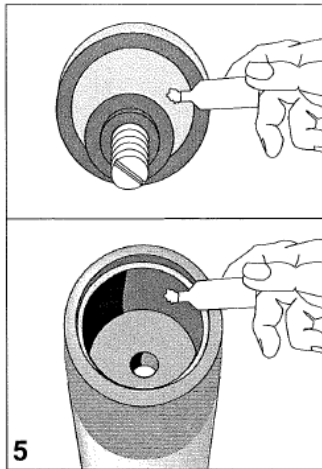
Kaapelikengän tulee olla samassa linjassa kulmapistokkeen sisällä olevan metalliosan reiän kanssa.



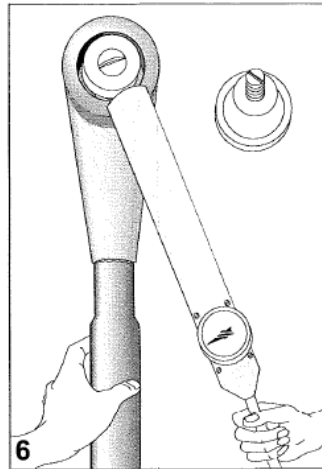
Puhdista kartio liasta.

Kierrä liitintappi paikoilleen kierteessä olevaan laippaan asti ja kirista ruuvimeisselillä.



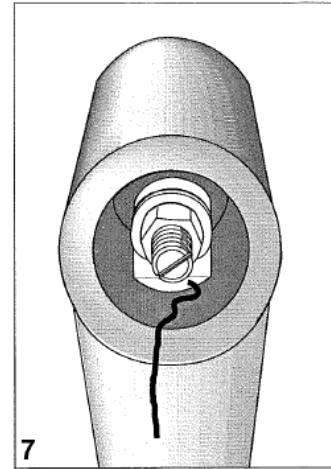


5 Levitä silikonirasvaa tasaisesti kojeistoliittimen päälle sekä kulmapistokerungon kojeistonpuoleisen pään reiän sisäpinnalle.



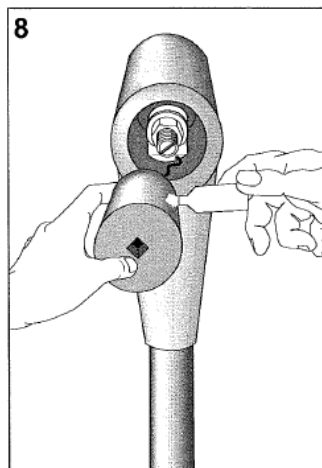
6 Paina kulmapistoke kojeistoliittimeen. Laita aluslaatta, jousiprikka ja kiristysmutteri paikalleen. Varmista, ettei kierretappi kierry samalla syvemmälle kojeistoliittimen sisälle. Kiristä mutteri momentille seuraavasti:

Liitintappi	Momentti [Nm]	
	min.	max.
M16	50	70
M16/M12	35	40

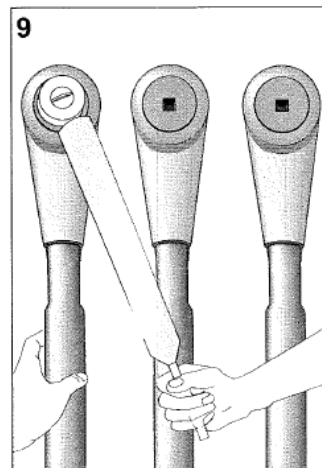


7 Laita kulmapistokerungon peräkolon sisälle naru, joka roikkuu ulos päätteestä, kuten kuva osoittaa.

Levitä silikonirasvaa päätykappaleen kartiopinnalle samoin kuin kulmapistokerungon vastaavalle sisäpinnalle.



Kierrä päätykappale paikoilleen. Päätykappale saattaa aluksi tuntua jäykältä, mutta jatka kiristämistä varovasti kunnes kappale on pohjassa. Vältä ylikiristämistä. Poista naru vetämällä.



Kulmapistokepäätte valmiina.

Huom. Kiinnitä tarra "Kosketussuojattu rakenne" runkoon näkyvälle paikalle.

