



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Teemu Seppänen

Muuntamo- ja pääkeskussaneeraus käytössä olevaan liikekiinteistöön

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (YAMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

20.04.2020

Tekijä Otsikko	Teemu Seppänen Muuntamo- ja pääkeskussaneeraus käytössä olevaan liikekiinteistöön
Sivumäärä Aika	51 sivua 20.04.2020
Tutkinto	insinööri (YAMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Ammatillinen pääaine	sähköinen talotekniikka
Ohjaajat	toimitusjohtaja Kalevi Hämäläinen lehtori Matti Sundgren
<p>Työn tavoitteena oli selvittää, mitä on otettava huomioon, kun käytössä olevan liikekiinteistön muuntamo ja pääkeskus joudutaan uusimaan kiinteistön normaalin käytön aikana. Kiinteistön ollessa käytössä sallittujen sähkökatkojen pituus on enimmilläänkin muutamia tunteja, eikä ennalta suunnittelemttomia katkoja saa tulla.</p> <p>Työ toteutettiin kolmeen tapausesittelyyn perustuen. Yksi saneeraus oli työtä tehdessä jo toteutettu ja tulee toimimaan hyvänä mallina kahta muuta saneerausta suunniteltaessa ja toteuttaessa. Alustuksena kerrattiin pienjännite- ja keskijänniteliittymien välinen kustannusvertailu ja keskijänniteliittymällä varustetun kiinteistön pääjakelun rakenne.</p> <p>Kolmen esimerkkitapauksen avulla tutkittiin, miten toteuttaa saneeraus käytännössä. Työssä käytiin läpi, miten minimoida sähkökatkojen määrät ja pituus, mistä saadaan riittävä tilapäissähköistys saneerauksen ajaksi ja miten huomioidaan tilanne, jossa tilapäinen sähkö joudutaan toimittamaan kahta eri kautta. Tämän lisäksi pyrittiin huomioimaan se, ettei tilapäisjärjestelyjä tarpeettomasti ylimitoiteta. Työn yhteydessä laadittiin hankesuunnitelma kustannusarvioineen kahden lähivuosina tehtävän saneerauksen toteutukseen.</p> <p>Työ antaa kolme esimerkkiä siitä, miten toteuttaa tämänkaltainen ”lennossa” tapahtuva saneeraus siten että jo suunnitteluvaiheessa saadaan huomioitua mahdollisimman hyvin saneerauksen aikataulut ja työvaiheistus. Työ toimii hyvänä oppaana erityisesti sellaisille henkilöille, jotka pääsevät osallistumaan ensimmäistä kertaa vastaavanlaiseen hankkeeseen.</p>	
Avainsanat	keskijännitekojeisto, muuntamo, pääkeskus, muuntaja

Author Title	Teemu Seppänen Renovation of electric main distribution system in commercial building during normal service
Number of Pages Date	51 pages 20 April 2020
Degree	Master of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Professional Major	Electrical Building Services
Instructors	Kalevi Hämäläinen, Managing Director Matti Sundgren, Senior Lecturer
<p>The purpose of this thesis was to study, what needs to be taken into account when an electrical main distribution system in a commercial building has to be renovated during the building's normal service, as the duration of power losses must not exceed a few hours or sometimes no more than 10-15 minutes.</p> <p>The final year project was done on the basis of three case renovations. One of the renovations had already been carried out and served as a model and a learning experience for the other two renovations.</p> <p>The thesis compared the cost of low voltage and medium voltage distribution subscription, the basic information about the electrical main distribution system of a building and the practical details that needs to be taken into account, such as minimizing power losses, feeding electricity simultaneously from different sources and arranging sufficient temporary power distribution. The thesis gives three examples about how to carry out this kind of "on the fly" -renovation.</p>	
Keywords	main distribution transformer medium voltage switchboard

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Sähköliittymä	2
2.1	Kj-liittymän aiheuttamat lisävaatimukset	3
2.2	Kj-liittymän ja pj-liittymän hankintakustannusvertailu	4
2.3	Kj- ja pj-liittymän käyttökustannusvertailu	5
2.4	Kj-liittymän hankinnan takaisinmaksuaika	6
3	Kj-liittymällä varustetun kiinteistön pääjakelujärjestelmä	7
3.1	Muuntamo	7
3.2	Kj-kojeisto	8
3.3	Muuntaja	12
3.4	Muuntamotyypit	15
3.5	Pääkeskus	18
3.6	Sähköenergian mittaukset	20
4	Case Kiinteistöosakeyhtiö Helsingin Työpajankatu 13	20
4.1	Kohde	20
4.2	Tilanne ennen perusparannusta	21
4.3	Tilapäissähköistys	23
4.4	Kuormitusten siirtoa	25
4.5	Tilapäisten syöttöjen asennus	27
4.6	Tilapäisiin syöttöihin siirtyminen	28
4.7	Ennakoimattomat sähkökatkot	31
4.8	Yhteenvedo ja lisäkustannukset	31
5	Case kiinteistöosakeyhtiö Gaselli	33
5.1	Kohde	33
5.2	Nykytilanne	34
5.3	Tilapäissähköistys	36

5.4	Haalausreitti	38
5.5	Toteutus	41
6	Case Kiinteistöosaakeyhtiö Mikonkatu 2 – Pohjoisesplanadi 35	42
6.1	Kohde	42
6.2	Nykytilanne	43
6.3	Tilapäissähköistys	44
6.4	Haalausreitit	45
6.5	Toteutus	46
7	Yhteenveto	48
	Lähteet	50

Lyhenteet

HSV	Helen Sähköverkko Oy, Helsingin alueella toimiva sähkön jakeluverkkoyhtiö.
KJ	Keskijännite
kVA	Kilovolttiampeeri
MID	Measuring Instruments Directive. Euroopan Unionin mittalaitteita koskeva direktiivi.
PJ	Pienjännite
PTS	Pitkän tähtäimen suunnitelma. Kiinteistön pitkän aikavälin kunnossapitosuunnitelma.
SF ₆	Rikkiheksafluoridi
S1	Sähköpätevyys 1. Oikeuttaa toimimaan sähkötöiden johtajana ja sähkölaitteistojen käytön johtajana ilman jänniterajaa.
Valtori	Valtion tieto- ja viestintätekniikkakeskus

1 Johdanto

Kaikki osat kiinteistöstä vanhenevat ja kuluvat ja ennemmin tai myöhemmin tulee tilanne, jolloin käyttöikänsä päässä oleva järjestelmä pitää uusia. Näin myös kiinteistön sähköistyksen pääjakelujärjestelmän ydin, joka kiinteistöstä riippuen sisältää joko vain pääkeskuksen tai muuntamon ja pääkeskuksen, mikäli kiinteistö on liitetty jakeluverkkoyhtiön keskijänniteverkkoon.

Näiden laitteiden käyttöikä on pitkä, yleensä laskennallisesti noin 40 vuotta. [1, s. 46.] Muuntamon ja pääkeskuksen uusiminen on merkittävä investointi ja koska niiden uusiminen kestää pisimmillään viikkoja ja aiheuttaa sähkökatkon tai sähkökatkoja rakennuksessa, on saneerauksen suunnittelu syytä aloittaa tai vähintään pitää mielessä jo hyvissä ajoin ennen laskennallista teknisen käyttöiän päättymistä.

Ihanteellisin ajankohta näiden järjestelmien uusimiselle on rakennuksen täydellinen perusparannus, mikäli rakennus saadaan kokonaan tyhjäksi käyttäjistä. Tällöin tilapäissähköistys on helppo toteuttaa, koska järjestelmien sähköä käyttävät vain työmaatoiminnot, jolloin kuormitus on pientä, ja perusparannuksen aikana aiheutuvat sähkökatkot, olivatpa ne sitten suunniteltuja tai suunnittelemattomia, eivät aiheuta merkittävää haittaa tai taloudellisia menetyksiä.

Mikäli on tiedossa kiinteistöön tuleva täydellinen perusparannus, voi olla perusteltua uusia pääjakelujärjestelmä jo reilusti ennen laskennallisen teknisen käyttöiän päättymistä, esim. 30 vuoden ikäisenä. Toisaalta hyvällä ylläpidolla voi olla mahdollista venyttää käyttöikää yli laskennallisen käyttöiän, mikäli perusparannus on tulossa vasta vuosia tämän jälkeen.

Kiinteistönomistajan on hyvä alkaa valmistautua peruskorjaukseen jo muutamia vuosia aiemmin huomioimalla saneeraus pitkän tähtäimen suunnitelmassa eli PTS:ssä, varaimalla talousarviossa rahat peruskorjaukselle sekä kartoittamalla peruskorjauksen mahdollisesti tarvitsemia lisätiloja. Mikäli on tiedossa, että esimerkiksi jokin nyt vuokrattuna oleva tila olisi sopiva uudeksi sähkötilaksi, on tämä syytä ottaa huomioon, jotta tilan vuokrasopimuksen saa purettua riittävän ajoissa.

Muuntamo ja pääkeskus ovat pääsääntöisesti mahdollisia uusia myös nykyisille paikoilleen, mutta tilanteesta riippuen saneerausta voi helpottaa, mikäli laitteistoille voidaan osoittaa uudet tilat. Tällöin on mahdollista rakentaa uudet laitteistot valmiiksi tai lähes valmiiksi ennen vanhojen laitteistojen purkamista. Tällaisella menettelyllä voidaan myös minimoida sähkökatkot. Uudet ja vanhat laitteistot voidaan kytkeä väliaikaisjärjestelyin toisiinsa, jonka jälkeen vanhasta laitteistosta voidaan ryhmä kerrallaan siirtää kuormitukset uuteen laitteistoon. Kun vanha laitteisto on tyhjä, voidaan se purkaa pois.

Opinnäytetyö käsittelee keskijänniteliittymällä varustetun kiinteistön pääjakelujärjestelmän saneerausta kiinteistön normaalin käytön aikana. Työn tavoite on käydä asiaa läpi käytännön toteutuksen näkökulmaa painottaen. Alustuksena kerrataan kj-liittymän pääjakelujärjestelmän rakenne sekä käydään läpi myös kustannusvertailu pienjänniteliittymään verrattuna. Tämän jälkeen käydään läpi kolmeen tapausesittelyyn perustuen, mitä asioita on otettava huomioon tämänkaltaisissa hankkeissa. Opinnäytetyö tulee toivottavasti hyödyttämään erityisesti tahoja, jotka pääsevät ensimmäistä kertaa vastaavanlaista hanketta toteuttamaan, sillä vaikka aiheesta on olemassa kirjallisuutta, ovat ne pääasiassa teoriapainotteisia, tällaisen ”how it is done” -raportin sijaan.

2 Sähköliittymä

Tavanomainen liike- tai asuinkiinteistö liitetään sähköverkkoon 400 voltin pienjänniteliittymällä tai keskijänniteliittymällä, jonka jännite on yleensä 20 kV, mutta joillakin alueilla, kuten esimerkiksi Helsingin kantakaupungissa on vielä käytössä 10 kV:n jännite. 10 kilovoltin verkkoalueilla on syytä tarkastaa jakeluverkon haltijalta, onko heillä tulevaisuudessa aikomusta nostaa keskijänniteverkon jännite 20 kilovolttiin. Tässä tapauksessa verkohaltija saattaa edellyttää, että kj-kojeisto sopii molemmille jännitealueille ja että muuntaja varustetaan ensiöjännitteen vaihdon mahdollistavalla väliottokytkimellä.

Liittymätyyppi riippuu kiinteistön koosta ja sitä kautta sähköenergian huippuvirran tarpeesta. Pääsääntöisesti sähköverkkoyhtiöiden tarjoama suurin pienjänniteliittymä on maksimivirraltaan 1 000 A–1 250 A. [2.] Mikäli huippuvirran tarve on tätä suurempi, on valittava kj-liittymä.

Pienjänniteliittymää kaavailtaessa on hyvä olla jo suunnittelun aikana yhteydessä alueen jakeluverkonhaltijaan, jotta se voi varmistaa alueen jakelumuuntajan tehon riittävyyden. Mikäli verkonhaltija joutuu vaihtamaan muuntajan suuremmaksi, ei tästä tule liittyjälle lisäkustannuksia, mutta muuntajan vaihtamiseen kuluva aika on huomioitava rakennushankkeen aikataulutuksessa. Toki myös kj-liittymän tapauksessa kannattaa ottaa yhteys verkkoyhtiöön mahdollisimman aikaisessa vaiheessa.

Mikäli kyseessä on kiinteistö, johon on rakentamisen yhteydessä asennettu kj-liittymä, mutta joka huippuvirrantarpeen puolesta olisi mahdollista sähköistää pj-liittymällä, kannattaa seuraavan muuntamo- ja pääkeskussaneerauksen yhteydessä selvittää mahdollista kj-liittymän vaihtoa pj-liittymäksi. Tällainen muutos tehtiin esim. Helsingin Katajanokalla sijaitsevaan Stora Enso Oyj:n pääkonttoriin kiinteistön saneerauksen yhteydessä vuonna 2013. [6, s. 30.]

2.1 Kj-liittymän aiheuttamat lisävaatimukset

Varmuuden vuoksi ei kj-liittymää ole yleensä syytä ottaa, sillä sen myötä kiinteistöön on rakennettava muuntamo sisältäen keskijännitekojeiston ja muuntajan tai muuntajat. Investointikustannusten lisäksi tämä lisää ylläpitokustannuksia. Muuntamo on yksi huolto- ja ylläpitokohde lisää ja siellä työskentely vaatii S1-luokan sähköurakointioikeudet, joita läheskään kaikilla sähköurakointia harjoittavilla toimijoilla ei ole. Huolto- ja ylläpitotöissä on usein oltava yhteydessä alueen jakeluverkkoyhtiöön, sillä normaalisti verkkoyhtiö liittää asiakasmuuntamot omaan keskijänniteverkkoonsa ns. rengassyöttönä, jolloin asiakkaan keskijännitekojeisto on osittain osa jakeluverkon haltijan keskijänniteverkkoa. Muuntamon toteutuksessa on siten otettava huomioon jakeluverkon haltijan vaatimukset ja ohjeet esimerkiksi sähköteknisen toteutuksen ja luokse päästävyiden osalta.

Keskijänniteliittymällä on sähköturvallisuuslain mukaan oltava myös sähkölaitteiston käytön johtaja, joka valvoo sähkölaitteiston kuntoa ja huolehtii, että havaitut viat ja puutteet korjataan mahdollisimman nopeasti. Käytön johtajan on oltava luonnollinen henkilö. Yritys tai yhteisö eivät voi toimia käytön johtajana. Käytön johtajan on lähtökohtaisesti oltava sähkölaitteiston haltijan palveluksessa. Tästä voidaan kuitenkin poiketa, mikäli sähkölaitteistoon kuuluu korkeintaan kolme enintään 20 kV:n muuntamoa tai muuntamoon rinnastettavaa yli 1000 voltin kytkinlaitosta. Poikkeus voidaan tehdä myös, mikäli käytön

johtajaksi nimetyn henkilön edustaman yrityksen ja sähkölaitteiston haltijan välillä on tehty sähkölaitteiston kunnossapitosopimus, joka on voimassa koko käytönjohtajuuden ajan. [3.] Pääsääntöisesti yksittäisten kj-liittymällä olevien kiinteistöjen käytönjohtajapalvelu ostetaan ulkopuoliselta yritykseltä. Käytönjohtajapalvelua tarjoavat monet sähköurakoitsijat ja sähköisen talotekniikan konsulttitoimistot.

2.2 Kj-liittymän ja pj-liittymän hankintakustannusvertailu

Mikäli huippuvirran tarve on pj-liittymätarjonnan ylärajoilla, on hyvä tehdä vertailulaskelmat sekä liittymän ja laitteistojen hankintahinnoista että sähkönsiirtohinnoista. Tämän raportin laskelmien kaikki hinnat ovat arvonlisäverottomia. Taulukossa 1 on esimerkki-vertailut HSV:n jakeluverkon alueella, kun huippuvirran tarve on 800 A.

Taulukko 1. HSV:n sähköliittymien hinnat 1.5.2018 alkaen. kj-lisätehomaksu veloitetaan yli 1000 kVA:n liittymätehoilla jokaista alkavaa 100 kVA:ta kohti [21.]

Liittymätyyppi	Hinta EUR alv. 0 %
PJ-liittymä 800 A	33 936
KJ-liittymä	19 850
KJ-lisätehomaksu	925

800 A:n huippuvirralla huipputehoksi tulee 554 kVA, jolloin KJ-liittymän tapauksessa sopiva muuntaja olisi teholtaan esim. 630 kVA, eli kj-lisätehomaksua ei tule maksettavaksi. Muuntajaa mitoittaessa on kuitenkin syytä huomioida, että koska liittymän hinta säilyy samana 1000 kVA:n muuntajatehoon asti, voi olla perusteltua varustaa kohde vaikkapa 800 kVA:n muuntajalla, jolloin jää enemmän varaa mahdolliselle kuormituksen kasvulle. Pieni lisäinvestointi aiheutuu kuitenkin tehokkaamman muuntajan hankintahinnasta. Tehokkaampi muuntaja saattaa olla perusteltua hankkia myös kuormitushäviöiden pienentämiseksi, sillä muuntajan kuormitushäviöt pienenevät muuntajakoon kasvaessa ja ovat merkittävä kustannus muuntajan käyttöiän aikana. Kun vertaillaan eri liittymätyyppien hankintahintoja, voidaan todeta hintaeroksi noin 14 000 euroa KJ-liittymän hyväksi. Tällä summalla ei rakenneta muuntamoita laitteistoihin, joten korkeammasta hankintahinnasta huolimatta pienjänniteliittymä on taloudellisesti kannattavampi, mikäli tarkastellaan vain investointikustannusta.

2.3 Kj- ja pj-liittymän käyttökustannusvertailu

Tarkastellaan sähkön siirtohintoja HSV:n verkossa.

Taulukko 2. HSV:n sähkösiirtohinnoista. Hinnasto voimassa 1.7.2018 alkaen. Pienjännitepuolella käytetään pj-tehosiirtoa, kun sähköliittymän sulakekoko on yli 80 A. Talvipäivän siirtomaksu on voimassa joulukuusta helmikuuhun ma-pe välillä klo 7–21. [22].

Siirtotuote	Hinta EUR alv0%
Pj-tehosiirto EUR/kk	26
Pj-tehomaksu EUR/kW/kk	4,50
Pj-siirtomaksu, talvipäivä EUR/kWh	0,0166
Pj-siirtomaksu, muu aika EUR/kWh	0,0088
Kj-tehosiirto, EUR/kk	175
Kj-tehomaksu, EUR/kW/kk	3,68
Kj-siirtomaksu, talvipäivä EUR/kWh	0,0141
Kj-siirtomaksu, muu aika, EUR/kWh	0,0063

Lasketaan seuraavaksi siirtokustannukset kj- ja pj-verkoissa yhden vuoden ajalta. Laskennan yksinkertaistamiseksi lasketaan kustannukset käyttäen siirtohintana vain muun ajan siirtohintaa. Tällä yksinkertaistuksella ei ole vaikutusta vertailun tulokseen, sillä talvipäivän ja muun ajan siirtomaksujen erotus on sama sekä pj- että kj-siirtomaksuissa. Oletetaan kuukauden maksimitehoksi 450 kW ja kuukausittaiseksi sähkönkulutukseksi 150 000 kWh.

Siirtokustannukset pj-verkossa ovat seuraavat:

- Pj-tehosiirtomaksu 26 EUR
- Pj-tehomaksu 450 kW * 4,50 EUR = 2 025 EUR
- Pj-siirtomaksu, muu aika = 150 000 kWh * 0,0088 EUR = 1 320 EUR
- Yhteensä 26 + 2 025 + 1 320 = 3 371 EUR
- Siirtokustannus yhden vuoden ajalta 3 371 EUR * 12 kk = 40 452 EUR

Siirtokustannukset kj-verkossa ovat seuraavat:

- Kj-tehosiirtomaksu 175 EUR
- Kj-tehomaksu 450 kW * 3,68 EUR = 1 656 EUR
- Kj-siirtomaksu, muu aika = 150 000 kWh * 0,0063 EUR = 945 EUR
- Yhteensä 175 + 1 656 + 945 = 2776 EUR
- Siirtokustannus yhden vuoden ajalta 2 776 EUR * 12 kk = 33 312 EUR

Kj-liittymällä säästetään tässä tapauksessa siirtokustannuksissa 40 452 – 33 312 = 7 140 EUR vuodessa.

2.4 Kj-liittymän hankinnan takaisinmaksuaika

Kj-kojeisto, 800 kVA:n muuntaja ja kiskosilta pääkeskukselle kustantaa arviolta noin 50 000 EUR alv. 0 %. Hinnassa ei ole mukana asennuskustannuksia. Vastaavasti Kj-liittymä on yllä todetusti 14 000 EUR edullisempi kuin pj-liittymä, joten lisäinvestointi kj-liittymävalinnan johdosta olisi 50 000 – 14 000 = 36 000 EUR. Investoinnin takaisinmaksuaika n^* lasketaan kaavalla 1.

$$n^* = - \frac{\ln\left(\frac{1-H}{iS}\right) - \ln(i)}{\ln(1+i)} \quad (1)$$

H on investointikustannus 36 000 EUR

S on vuotuinen säästö 7 140 EUR

i on laskentakorko (tässä esimerkissä 5 %).

Näillä arvoilla takaisinmaksuajaksi saadaan noin kuusi vuotta, eli investointi on hyvinkin kannattava. Laskelmassa ei kuitenkaan huomioida käytönjohtajapalvelusta aiheutuvaa lisäkustannusta, lisääntyneitä huoltokustannuksia, muuntajasta aiheutuvia häviöitä, korkeampia asennuskustannuksia, tai menetettyjä vuokratuloja, kun muuntamolle joudutaan varaamaan osa tilasta, jonka voisi muussa tapauksessa vuokrata.

Muuntamolle, johon asennetaan kj-kojeisto ja yksi muuntaja, on suotava varata tilaa vähintään 11 m² [4, s. 5.], joten varastotilan vuokrakustannuksen ollessa esim. 10 EUR/m², menetetään muuntamon johdosta vuosittain 11 m² * 10 EUR/m² * 12 kk = 1 320 EUR:n vuokratulot.

Jos arvioidaan käytönjohtajapalvelun huoltoineen maksavan 300 EUR/kk, aiheutuu tästä vuosittain 3 600 EUR:n lisäkustannus. [17.]

Muuntajan häviöteho P_h lasketaan kaavalla 2.

$$P_h = P_0 + \left(\frac{S}{S_n}\right)^2 * P_{kn} \quad (2)$$

P_0 on muuntajan tyhjäkäyntihäviöt. 800 kVA muuntajalla 1,3 kW

S on muuntajasta otettava teho, kVA

S_n on muuntajan nimellisteho, kVA

P_{kn} on muuntajan kuormahäviö nimellisteholla. 800 kVA muuntajalla 8 kW.

Lasketaan yksinkertaistaen, että 150 000 kWh:n kuukausikulutuksella keskimääräinen teho olisi $150\,000 \text{ kWh} / 31 \text{ vrk} / 24 \text{ h} = 202 \text{ kW}$. Tällöin muuntajan häviötehoksi tulisi 1,8 kW. Vuodessa häviötehoon kuluisi siten energiaa $1,8 \text{ kW} * 8760 \text{ h} = 15\,768 \text{ kWh}$. Häviöenergian siirtokustannus olisi $15\,768 \text{ kWh} * 0,0063 \text{ EUR} = 99 \text{ EUR}$

Kj-liittymällä edullisemman sähkönsiirron muodossa saatava säästö pieneneekin näin ollen $7\,140 - 1\,320 - 3\,600 - 99 = 2\,221$ euroon, jolloin kaavalla 1 laskettavaksi takaisinmaksuajaksi saadaankin 38 vuotta. Kun ottaa huomioon hankittavien järjestelmien elinkaaren, sekä sen ettei laskelmassa käytetyssä hinnassa ole mukana kj-laitteiston asennuskustannuksia, ei investointi ole kannattava.

3 Kj-liittymällä varustetun kiinteistön pääjakelujärjestelmä

3.1 Muuntamo

Rakennuksessa sijaitseva muuntamo on joko jakeluverkon haltijan tai kyseisen rakennuksen omistajan hallinnassa. Jakeluverkon haltijan muuntamo palvelee usein sijoitusrakennuksensa lisäksi myös lähialueen muita kiinteistöjä, kun taas kiinteistön omistajan hallinnassa oleva muuntamo palvelee vain kyseistä kiinteistöä.

Mikäli muuntamo on sijoitettu rakennukseen, joka kokonsa tai käyttötarkoituksensa puolesta vaikuttaa suhteellisen pieneltä sähkönkäyttäjältä, kuten vaikkapa koulurakennus, jonka kokonaisala on muutamia tuhansia neliömetrejä, on kyseessä todennäköisesti jakeluverkon haltijan muuntamo.

Muuntamon suunnittelussa ja toteutuksessa on otettava huomioon voimassa olevat standardit, sekä alueen jakeluverkon haltijan mahdolliset lisäohjeet tai vaatimukset. Tässä raportissa käsiteltävät kohteet sijaitsevat HSV:n alueella, joten tekstissä mainitut verknohaltijakohtaiset lisäohjeet pätevät varmasti vain heidän verkkoalueellaan.

3.2 Kj-kojeisto

Kj-liittymällä varustettu kiinteistö liitetään jakeluverkkoon moduulirakenteisella Kj-kojeistolla, joka sisältää asennusjärjestyksessä jakeluverkosta kiinteistöön päin lukien:

- kuormanerotinkennot
- katkaisijakennon
- mittauskennon
- varokekuormanerotinkennot.

Kennot on yleensä jaettu useampiin osiin. Niissä on kaapelipääteosa, katkaisija- tai erotinlaitteen sisältävä osa ja toisiotilaosa riviliittimiä ja apulaitteita varten. Kennon eri osat on varustettu omilla ovilla. Ovissa voi olla lukitus, joka avautuu vain, kun ko. oven takana oleva kojeiston osa on tehty jännitteettömäksi.

Kennot on mahdollista varustaa kiinteillä maadoituskytkimillä. Tämä on nykyisin suositeltava tapa, jolloin erillisiä irtonaisia työmaadoitusvälineitä ei tarvita, mikä parantaa työturvallisuutta. [4.] Maadoituskytkin on usein yhdistetty erotinlaitteeseen siten, ettei maadoitusta voi kytkeä erottimen ollessa kiinni. Tästä huolimatta maadoituskytkimen pitää olla rakenteeltaan sellainen, että se kestää, vaikka sillä aiheutettaisiin oikosulku.

Kj-kojeistot ovat nykyisin ilmaeristeisiä tai SF₆-eristeisiä. SF₆-eristeisen kojeiston etu on huomattavasti pienempi koko sekä toimintavarmuus, kun ilmassa olevat epäpuhtaudet ja kosteus eivät häiritse kytkentä- tai erotustapahtumaa. SF₆-kaasu on rikkiheksafluoridiä, ja sillä on kolme kertaa parempi eristyskyky kuin ilmalla. Rikkiheksafluoridi ei ole myrkyllistä, mutta se on suurina annoksina tukahduttavaa, koska se syrjäyttää hengitysilmosta hapen. SF₆-kaasu on yli kuusi kertaa ilmaa raskaampaa, joten se laskeutuu lattian rajaan. Tavanomaisen liike- tai asuinkiinteistön muuntamon kojeistossa SF₆-kaasun määrä on kuitenkin sen verran pieni verrattuna muuntamotilan kokoon, ettei mahdollinen vuoto aiheuta vaaratilannetta. [10, s. 68; 11, s. 35.]

Kuvassa 1 on esitetty tyypillinen kiinteistömuuntamon kj-kojeisto. Kennojen koot vaihtelevat kennotyyppin mukaan, sekä sen mukaan, onko kyseessä ilmaeristeinen vai SF₆-eristeinen kenno. Yksittäisen kennon leveys on yleensä välillä 300 mm – 1 000 mm, syvyys välillä 800 mm – 1 100 mm ja korkeus välillä 1 300 mm – 1 800 mm. Yksittäinen kenno painaa 200 kg – 400 kg. [8; 9.]



Kuva 1. Norelco Oy:n valmistama modulaarinen NorMax-keskijännitekojeisto. Kojeiston rakenne vasemmalta oikealle 2 kpl kuormanerotinkenttä, katkaisijakenttä, mittauskenttä, varokeuormanerotinkenttä. [5.]

Kuormanerotinkenko

Kuormanerotinkenkoja käytetään liittymiskennoina kojeiston liittämiseen jakeluverkonhaltijan kj-verkkoon. Koska verkko on pääsääntöisesti rengasverkko, tarvitaan kuormanerotinkenkoja kaksi kappaletta. Joissakin tapauksissa verkonhaltija saattaa tarvita kolmannen kuormanerotinkennon haarakaapelia varten. Mahdollinen lisäkennon varaaminen perustuu yleensä liittymisehtoihin ja verkonhaltija hyvittää kennon toteuttamisesta aiheutuneet kustannukset erikseen sovittavasti. Vaikka liittymiskennot ovat osa jakeluverkkoa, kuuluu niiden kunnossapitovastuu muuntamon haltijalle. [7, s. 4.]

Liittymiskaapelit tuodaan alhaalta päin kennojen alaosaan sijaitsevaan kaapelipäätetilaan. Kennon keskiosalla on itse kuormanerotin ja yläosassa toisiolaitetila. Vakiovarustus vaihtelee valmistajittain, mutta kuormanerotinkenoissa on itse erottimen lisäksi yleensä käsikäyttöinen, kammella käytettävä ohjainlaite, erottimen mekaaninen asennonosoitus, jännitteenilmaisimien sekä SF₆-eristeisen kojeiston tapauksessa kaasumäärän ilmaisimien tai kaasunpainemittarien. Lisävarusteina on saatavilla esimerkiksi apukoskettimia, joita verkonhaltija käyttää sähköverkon kaukovalvontaan, ylijännitesuojia, moottorikäyttöisiä ohjainlaitteita ja oikosulun ilmaisimia. [8; 9.] Paikallinen verkonhaltija saattaa vaatia osaa lisävarusteista asennettavaksi. Kuormanerotinkennot kytketään toisiinsa ja pääkatkaisijakennoon kojeiston sisäisillä kokoojakiskoilla.

Katkaisijakenno

Mikäli muuntamoon asennetaan vain yksi muuntaja, voidaan katkaisijakenno jättää pois ja käyttää pääkatkaisijana muuntajan varokekuormanerotinta. Jos muuntajia on useampia, on kojeisto varustettava katkaisijakennolla. Katkaisijakennon varustus on suurelta osin vastaava kuin kuormanerotinkennon. Katkaisijakennossa on kuitenkin kuormanerotin lisäksi erillinen tyhjiöity tai SF₆-eristeinen pääkatkaisija, jota ohjataan esim. ylivirta- tai maasulkureleellä. Maasulkurele saatetaan vaatia, mikäli liittäjällä on kaapelilla liitettävä kj-alamuuntamoita. Releet voivat olla kojeiston kuormitusvirrasta energiansaavia tai niillä voi olla erillinen akkuvarmennettu apujännitelähde. Ensin mainittu on suositeltavampi, jolloin ei tarvitse huolehtia akkujen säännöllisestä vaihdosta. Katkaisijakenno kytketään mittauskennoon kiskolla tai kaapelilla.

Mittauskenno

Kj-liittymän sähköenergian mittaus toteutetaan lähes poikkeuksetta kj-puolella, jota varten kojeistossa on suotavaa olla erillinen mittauskenno, joskin on mahdollista asentaa mittamuuntajat myös katkaisijakennoon. Mittauksen toteutuksessa on kuitenkin otettava huomioon jakeluverkkoyhtiön ohjeet mittamuuntajien asennusta koskien. Mittausta varten asennetaan jokaiselle vaiheelle omat jännite- ja virtamuuntajat, jotka johdotetaan kokennon toisiotilan riviliittimille. Jännitemuuntajien ensiöpuolelle ei asenneta sulakkeita, mutta toisiopuolelle asennetaan. Itse sähkömittari asennetaan erilliseen koteloon

yleensä pääkeskustilaan. Mittaus toteutetaan kj-puolella siitä syystä, että tällöin mittaukseen sisältyy myös muuntajassa aiheutuvat häviöt, jotka voivat taloudellisesti laskettuna olla muuntajan käyttöänsä aikana yhtä suuret kuin muuntajan hankintahinta. [13, s. 3.]

Varokeuormanerotinkenko

Varokeuormakennoja käytetään muuntajien tai kiinteistön sisäisten kj-muuntamoiden liittämiseen. Kennot asennetaan kojeiston viimeisiksi kennoiksi jakeluverkosta päin katsoen. Mikäli muuntamoon asennetaan vain yksi muuntaja, voi pääkatkaisijakennon korvata varokeuormanerotinkennolla. Varokeuormanerottimen kokoonpano on pääpiirteittäin sama kuin kuormanerotinkennon. Varokeuormanerotinkenko sisältää kuitenkin sulakepitimet ja siihen on asennettava suurjännitesulakkeet. 10 kV:n sulakkeiden pituus on 292 mm ja 20 kV:n sulakkeiden 442 mm. Suurjännitesulakkeita on myös muita kokoja ja muille jännitetasoille (kuva 2). Varokeuormanerotinkenko toimii siten, että yhdenkin sulakkeen palaessa erotin aukeaa.



Kuva 2. Eri jännitetasoille (3,3-42 kV) tarkoitettuja keskijännitesulakkeita. [24.]

3.3 Muuntaja

Muuntajalla muutetaan keskijänniteverkon jännite (10 kV tai 20 kV) pienjännitteeksi (230/400 V). Muuntaja on laitteena verrattain yksinkertainen, sillä siinä ei ole lainkaan liikkuvia osia eikä itse jännitteen muuntaminen vaadi myöskään elektronisia komponentteja. Jakelumuuntajan kytkentä on pääsääntöisesti Dyn, eli muuntajan ensiöpuolella on kolmiokytkentä ja toisiopuolella tähtikytkentä.

Käytettävä muuntaja voi olla öljyeristeinen tai valuhartsieristeinen. Jälkimmäisestä käytetään myös nimitystä kuivamuuntaja, koska se ei sisällä lainkaan öljyä tai muutakaan nestettä.

Muuntaja varustetaan lämpötilavalvonnalla, jonka avulla voidaan liian korkeasta lämpötilasta saada hälytys, käynnistää jäähdytyspuhaltimet (mikäli sellaiset on asennettu) tai erottaa muuntaja verkosta. Erottaminen tapahtuu ohjaamalla keskijännitekojeistosta kyseistä muuntajaa syöttävä varokekuormanerotin auki.

Öljyeristeinen muuntaja

Öljyeristeinen muuntaja voi olla varustettu paisuntasäiliöllä. Tällöin muuntajan lämmetessä käytön aikana öljy laajenee ja öljyn pinnan taso paisuntasäiliössä nousee. Tällaisen muuntajan huono puoli on, että öljyn lämpötilan laskiessa ja tilavuuden pienentyessä muuntaja imee paisuntasäiliön korvausilma-aukosta ilmaa muuntajan ulkopuolelta. Ilma sisältää kosteutta, joten muuntaja on varustettava ilmankuivaimella. Tästä huolimatta muuntajan öljyn laatua on sen käyttöänsä aikana tarkkailtava. Kiinteistömuuntamoissa lämpötila on kuitenkin yleensä sen verran tasainen, ettei öljyyn pääse kertymään vettä.

Kiinteistömuuntamoissa käytetty öljymuuntaja on nykyisin usein paisuntasäiliötöntä mallia. Tällainen muuntaja on rakenteeltaan täysin suljettu, eli öljytilaan ei milloinkaan johdeta ilmaa. Tällaisessa hermeettisessä muuntajassa lämpötilan noustessa öljyn tilavuus laajenee ja paine kasvaa. Kiinteistömuuntamon lämpötilan vaihtelu on kuitenkin sen pientä, ettei paineen nousu tule ongelmaksi ja vastaavasti muuntaja rakennetaan kestäväksi pieniä painevaihteluita vastaan. Paisuntasäiliöllä varustettuja muuntajia ei enää juurikaan käytetä.

tetä kiinteistömuuntamoissa, koska niissä lämpötilavaihtelu on melko pientä ja paisuntasäiliö kasvattaa muuntajan kokoa. Vanhoista kiinteistömuuntamoista niitä kuitenkin vielä löytyy.

Öljyeristeisen jakelumuuntajan jäähdytys on yleensä tyyppiä ONAN (Oil Natural Air Natural), eli muuntajan sisällä oleva öljy ja ulkopuolella oleva ilma liikkuvat vapaasti. Muuntaja voidaan varustaa myös ulkopuolisilla tuulettimilla, jolloin sen jäähdytys on tyyppiä ONAF (Oil Natural Air Forced).

Öljyeristeisen muuntajan öljy voi olla tyyppiltään luokkaa O1, K2 tai K3. Luokitukset määritellään IEC-standardissa 60139. Tyyppi määrittelee mm. öljyn leimahduspisteen, läpilyöntijännitteen ja öljyn sisältämän energiamäärän. Käytetty öljytyyppi vaikuttaa muuntajan sijoituspaikan paloluokkavaatimukseen. Eri öljytyyppien ominaisuuksia on listattu taulukossa 3.

Taulukko 3. Englantilaisen kemikaaliyhtiö M&I Materials Ltd:n valmistamien muuntajaöljyjen ominaisuuksia [18.]

Type	Midel eN 1215	Midel 7131	Mineral oil
Fire Safety Class	K2	K3	O1
Readily / Fully Biodegradable	YES	YES	NO
Breakdown Voltage kV	>75	>75	>70
Moisture Saturation (ppm) at 20 °C	1100	2700	55
Kinematic Viscosity at 40°C	32	29	8.7
Density (g/cm ³) at 20 °C	0.92	0.97	0.88
Expansion Coefficient	0.00074	0.00075	0.00075
Relative Permittivity	3.1	3.2	2.2
Pour Point °C	-18	-56	<-50
High Temperature	Good	Excellent	Poor

Kuivamuuntaja

Kuivamuuntaja ei nimensä mukaisesti sisällä lainkaan öljyä tai muuta nestettä, vaan sen eristeaineena toimii hartsi ja muuntajan jäähdytys tapahtuu suoraan ilmaan, toisin kuin öljymuuntajissa, jossa öljy eristeen ohella toimii myös lämmönjohteena. Kuivamuuntaja on noin 30 % öljymuuntajaa kalliimpi, mutta sen etuna on pienempi paino, pienempi koko sekä käytännössä olematon huollontarve. Kuivamuuntaja on myös öljymuuntajaa palojen ympäristöturvallisempi koska siinä ei ole suurta öljymäärää, joka lisää palokuormaa

tai vuotaessaan aiheuttaa ympäristöriskin. Esimerkiksi 1000 kVA:n öljymuuntaja sisältää öljyä noin 500 kg. Kuivamuuntaja on käytössä öljymuuntajaa hieman äänekkäämpi, mutta ero on sen verran pieni, ettei sillä ole käytännön merkitystä. Kuivamuuntaja on pääsääntöisesti kosketussuojaamaton ja tämä on huomioitava muuntajan asennuksessa ja suojaetäisyyksissä. Valmistajilta on yleensä saatavana lisävarusteena muuntajan ympärille asennettava kotelo.

Kuivamuuntajille on määritelty luokituksia taulukon 4 mukaisesti. Luokitukset vaikuttavat muuntajan vaatimiin sijoitusolosuhteisiin sekä sijoituspaikan paloluokkavaatimuksiin.

Taulukko 4. Kuivamuuntajien palo-, ympäristö- ja ilmastoluokitukset. [23.]

Paloluokka	Vaatus
F0	Ei itsestään sammuva
F1	Itsestään sammuva, ei ylläpidä tulta
F2	Kestää ulkoista tulta jonkin aikaa

Ympäristöluokka	Vaatus
E0	Ei kestä kondensoitumista, jäähdytysilman oltava puhdasta
E1	Sietää satunnaista kondensoitumista ja rajallisesti saasteista jäähdytysilmaa
E2	Sietää kondensoitumista ja saasteista jäähdytysilmaa

Ilmastoluokka	Vaatus
C1	Alin sallittu käyttölämpötila -5 celsiusastetta, alin sallittu kuljetus- ja varastointilämpötila -25 celsiusastetta
C2	Alin sallittu kuljetus-, varastointi- ja käyttölämpötila -25 celsiusastetta

3.4 Muuntamotyypit

Puistomuuntamo

Kiinteistön puistomuuntamo sisältäen keskijännitekojeiston ja muuntajan tai muuntajat sekä pienjännitepääkeskuksen, sijoitetaan kiinteistön tontille omana, erillisenä kokonaisuutenaan joka usein on tehdasvalmis toimituspaketti. Tällainen valmis kokonaisuus ei välttämättä tarvitse erillisiä perustuksia, vaan se voidaan asentaa suoraan tiivistetylle soraperustalle. [12, s. 3.] Mikäli maapohja on routivaa, pohjatyöt on kuitenkin tehtävä huolellisesti, jottei muuntamo käyttökänsä aikana lähde vajoamaan tai kallistelemaan.

Puistomuuntamot ovat yleisimmin peltiverhoiltuja, mutta valmistajasta riippuen niihin on mahdollista asentaa lautaverhoilu pellitysten päälle, jolloin muuntaja on helpompi sovitaa ulkonäöllisesti ympäristöönsä. [12, s. 5.] Puistomuuntamon suurin etu kiinteistöön sijoitettuun muuntamoon on helppo huollettavuus, erityisesti, jos muuntamo sijoitetaan niin, että sen vierelle pystyy ajamaan kuorma-auton myös muuntamon asennuksen jälkeen. Puistomuuntamo on myös paloturvallisuuden näkökulmasta parempi, sillä mahdollinen muuntamopalo ei tällöin aiheuta vaaraa muulle rakennukselle, kunhan se on sijoitettu riittävän etäälle muista rakennuksista. Mikäli tontilla on hyvin tilaa, puistomuuntamo mahdollistaa muuntamon sijoittamisen mahdollisimman lähelle jakeluverkonhaltijan verkkoa, jolloin tontille ei tarvitse upottaa jakeluverkonhaltijan kj-kaapeleita, jotka voisivat tulevaisuudessa olla rasitteena, mikäli kiinteistöllä tehdään maanrakennustöitä tai muita muutoksia.

Paloturvallisuuden näkökulmasta puistomuuntamon vähimmäissijoitusetäisyys riippuu käytetystä muuntajatyypistä, muuntamon mahdollisesta paloluokasta sekä viereisten rakennusten paloluokasta. Öljyeristeisen muuntajan tapauksessa saattavat vaatimukset olla suuremmat kuin kuivamuuntajaa käytettäessä riippuen käytetystä öljytyypistä. Tarkat vaatimukset löytyvät SFS-standardista 601 Suurjännitesähköasennukset ja ilmajohdot.

Puistomuuntamoissa käytetään usein öljymuuntajia johtuen niiden edullisemmasta hinnasta, paremmista jäähdytysominaisuuksista sekä paremmasta ilmastollisesta kestävy-

destä. Öljymuuntajaa käytettäessä on huomioitava mahdollinen öljyvuodon riski. Muuntamo on tästä syystä varustettava öljykuopalla tai öljynkeruualtaalla. Tehdasvalmisteiset muuntamot on yleensä varustettu valmiiksi öljynkeruualtaalla.

Puistomuuntamon sijoituksessa on huollettavuuden ja paloturvallisuuden lisäksi otettava huomioon myös kaavoitusviranomaisen vaatimukset. Muuntamolta saatetaan kunnasta tai kaupungista riippuen vaatia toimenpideilmoitus, toimenpidelupa tai rakennuslupa. Muuntamon sijoituksessa on myös yleisesti huomioitava, ettei se aiheuta liikenteellistä näkemäestettä eikä ole alttiina ajoneuvojen törmäykselle.

Puistomuuntamoon sijoitettavaan pienjännitekeskukseen ei yleensä ole tarpeenmuukaista sijoittaa kuin sulakelähdöt tai kuormakytkimet kiinteistön sisätiloissa sijaitsevalla pääkeskukselle ja muuntamossa tarvittaville apujännitesyötöille. Apujännitettä tarvitsevat esimerkiksi keskijännitekojeiston ohjauslaitteet, sähköenergian mittaus, valaistus, mahdollinen ilmanvaihto/ylilämmön poisto sekä huoltokäyttöön tarkoitetut pistorasiat. Mikäli kiinteistössä on yksittäisiä suuria sähkönkulutuskohteita, kuten vaikkapa valmistuskeittiö, voi kuitenkin olla järkevää asentaa tällaisille keskuksille oma syöttö suoraan muuntamon pienjännitekeskukselta kiinteistön sisällä sijaitsevan varsinaisen pääkeskuksen ohi.

Rakennukseen sijoitettu muuntamo

Mikäli tontti on niin ahdas, ettei tilaa puistomuuntamolle ole, joudutaan muuntamo sijoittamaan rakennukseen. Rakennukseen sijoitetun muuntamon paikassa on huomioitava muuntamotilan paloluokka, haalausreitit, jakeluverkon haltijan vaatimukset sekä muu yhteensovitus kiinteistöön ja sen muihin järjestelmiin. Pääsääntöisesti muuntamo on pyrittävä sijoittamaan maan tasolla olevaan kerrokseen ja siten, että muuntamon ovi avautuu suoraan ulos paikkaan, johon on mahdollista ajaa kuorma-autolla. Tällöin on muuntamon laitteet helppo kuljettaa sisään sekä myös jakeluverkon haltijan edustajat pääsevät helposti muuntamoon.

Aina muuntamon sijoitus maan tasoon ja varustaminen ulos aukeavilla ovilla ei ole kuitenkaan mahdollista, mikäli kyseessä on hyvin tiiviisti rakennettu kaupunkiympäristö tai vanha rakennus. Poikkeustapauksista on syytä keskustella mahdollisimman aikaisessa vaiheessa alueen jakeluverkon haltijan kanssa. Koska muuntamoa syöttävät kj-kaapelit

ovat pääsääntöisesti osa jakeluverkon haltijan rengasverkkoa, haluaa verkonhaltija pitää rakennuksen sisällä kulkevan kaapeliosuuden mahdollisimman lyhyenä.

Muuntamon voi sijoittaa kiinteistön muihinkin kerroksiin, mutta tällöin on kiinnitettävä erityistä huomiota haalausreitteihin. Keskijännitekojeisto on modulaarisuutensa johdosta mahdollista kuljettaa asennuspaikalle yksittäisinä melko ahtaistakin paikoista ja myös portaita pitkin porraskiipijää käyttäen, mutta muuntaja on vietävä paikalleen kokonaisuutena, joten sen haalaaminen on paljon kj-kojeistoa hankalampaa. Muuntajissa on yleensä pyörät, jolloin niitä voi tasaisella siirtää työntämällä tai vetämällä, tasoerot ja kerrosten välillä siirtäminen ovat muuntajan painosta johtuen haasteellisia, mikäli käytävissä ei ole riittävän suurta tavarahissiä, sijoituskerrokseen ei pääse ramppia pitkin tai muuntajaa ei pysty nostamaan sijoituskerrokseen nosturilla.

Muuntamotila rakennetaan pääsääntöisesti omaksi palo-osastokseen. Vaadittava minimipaloluokitus riippuu muuntajan tyypistä ja sijoituskerroksesta. Mikäli muuntajina käytetään luokkien F1 tai F2 kuivamuuntajaa, ei palo-osastointi ole pakollinen. Sellainen saatetaan kuitenkin toteuttaa, mikäli halutaan palotilanteessa suojella muuntamo tilan ulkopuoliselta tulipalolta. On huomioitava, että kj-kojeisto aiheuttaa palo-osastointivaatimuksen, vaikka samaan tilaan asennettavat muuntajat olisivatkin F1- tai F2-luokkaa (taulukko 5).

Taulukko 5. Eri muuntajatyypin aiheuttamat vaatimukset muuntamon palo-osastoinnille [14, s. 7.]

Muuntamon sijoituskerros	O1-luokan muuntaja		F0-luokan muuntaja tai KJ-kojeisto	
	Kantavien rakennusosien vaatimukset	Osastoivien rakennusosien vaatimukset	Kantavien rakennusosien vaatimukset	Osastoivien rakennusosien vaatimukset
Enintään 2.kerros	R 120	EI 120	R 60	EI 60
3.-8. kerros tai kellari	R 180	EI 120	R 120	EI 60
Yli 8. kerros tai 1. kellaritason alapuolella	R 240	EI 120	R 120	EI 120

Muuntamon ilmanvaihto on myös otettava huomioon, sillä muuntajat tuottavat hukkalämpöä. Rakennukseen sijoitetuissa muuntamoissa painovoimainen ilmanvaihto ei välttämättä riitä, vaan sitä on tehostettava tulo- tai poistoilmapuhalluksella tai molemmilla. Tarvittavan jäähdytysilman määrä V lasketaan seuraavalla kaavalla:

$$V = \frac{0,78 \cdot P_{kn}}{\Delta T \text{ (}^\circ\text{C)}} \quad (3)$$

V on tarvittava jäähdytysilman määrä
 P_{kn} on muuntajan kuormitushäviö kilowatteina
 ΔT ($^\circ\text{C}$) on tulo- ja poistoilman lämpötilaero

Lämpötilaero tulee valita siten, ettei poistettavan ilman lämpötila ylitä $+40$ $^\circ\text{C}$. Mikäli muuntamon kuormitushuippu osuu kesälle, käytetään lämpötilan laskentaerona 10 $^\circ\text{C}$ ja talvella 20 $^\circ\text{C}$. [14, s. 11.]

Muuntamon aiheuttamat magneettikentät

Muuntamossa kulkee suuria sähkövirtoja jolloin virtaa kuljettavien komponenttien läheisyyteen syntyy magneettikenttä. Tämä ei kuitenkaan pääsääntöisesti ole ongelma, sillä tiedossa ei ole yhtään tapausta, jossa sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen 1045/2018 määrittelemä magneettikentän taso olisi ylittynyt. Korkeimmat magneettivuon tiheydet on mitattu sellaisten vanhojen kiinteistömuuntamoiden yläpuolisista tiloista, joissa virtakiskot tai kaapelit kulkevat katon lähellä. [19.] Kentänvoimakkuutta pystyy pienentämään pyrkimällä pitämään suurivirtaiset kaapelit mahdollisimman lyhyinä ja käyttämällä mahdollisuuksien mukaan virtakiskoa, joka varustetaan EMC-suojauksella.

3.5 Pääkeskus

Pääkeskus on suositeltava sijoittaa eri tilaan kuin kj-kojeisto ja muuntaja(t), kuitenkin mahdollisimman lähelle muuntamoita. Ihanteellinen sijoitus on muuntamon vieressä sijaitseva tila siten, että muuntaja ja pääkeskus ovat ”vierekkäin” välissään vain muuntamon ja pääkeskuksen erottava seinä. Tällöin muuntajan ja pääkeskuksen välinen yhteys on mahdollisimman lyhyt joka minimoi tämän välin kuormitushäviöt. Muuntajan ja pääkeskuksen välisen yhteyden voi toteuttaa kaapeleilla tai virtakiskolla.

Pääkeskustilaan on syytä varata riittävästi tilaa itse pääkeskukselle, mittarikotelolle, mahdolliselle kiinteistökeskukselle sekä loistehon kompensointilaitteistolle. Toimistokiinteistöissä mittarikotelolle kannattaa varata seinätilaa noin 700 millimetriä ja loistehon kompensointilaitteistolle lattiatilaa leveyssuunnassa esim. 1000 mm ja syvyysuunnassa 600 mm. Tällaiseen tilaan saa mahtumaan tarvittaessa jopa 400 kVar:n tehoisen kompensointilaitteiston. Useimmissa sähkölaitteissa on nykyisin sisäänrakennettu loistehon kompensointi tai tehokertoimen korjaus, jolloin koko pääjakelun laajuinen loistehon kompensointi on usein tarpeeton. Kompensointilaitteistoa ei siten kannata hankkia varmuuden vuoksi, vaan tehdä sen liittämiseksi vain varaukset pääkeskukseen. Mikäli loistehon kulutus kasvaisi niin suureksi, että jakeluverkon haltija alkaisi laskuttaa siitä, voidaan kompensointilaitteisto hankkia näin helposti jälkikäteen.

Pääkeskuksen tarkat mitat selviävät siinä vaiheessa, kun urakoitsija saa keskusvalmistajalta ehdotuspiirustuksen keskuksen rakenteesta. Keskuksen kokoa kannattaa kuitenkin hahmotella jo suunnitteluvaiheessa ja se onnistuu käyttämällä mallina muiden hankkeiden toteutettuja pääkeskuksia sekä keskusvalmistajien yleisesti käyttämiä kennoleveyksiä. Keskuksen koon hahmottelussa voi käyttää vaikkapa 600 mm:n ja 400 mm:n kojekenttäleveyksiä, 300 mm:n kaapelikuiluleveyttä ja 2000 mm:n korkeutta. Keskus voi koostua tällöin esim. seuraavista kentistä:

- jonovarokeytkinkenttä 600 mm pienjänniteliitymissä pääsulakekenttänä
- pääkytkinkenttä 600 mm, joka sisältää pääkytkimen (esimerkiksi kompaktilatkaisija tai kytkinvaroke) ja maadoituskytkimen
- kiskokytkinkenttä 600 mm, mikäli pääkeskuksia on kaksi. Tällä voidaan yhdistää keskuksia syötettäväksi samalta muuntajalta esimerkiksi huoltotöiden ajaksi
- kaapelikuilu 300 mm, yleensä yksi kuilu kahta kojekenttää kohden riittää
- kojekentät 400 mm, joissa lähdöt varustettu kytkinvarokkein tai kompaktilatkaisijoin
- kojekentät 400 mm tai 600 mm tulppasulake- ja johdonsuojakatkaisijoita ja apulaitteita varten.

Näillä mitoilla mahtuu yhteen kojekenttään yleensä esimerkiksi kolme kpl 400 A:n tai 250 A:n kompaktilatkaisija- tai kytkinvarokelähtöjä, kuusi kpl 125 A:n kytkinvarokelähtöjä tai

kahdeksan kpl 100 A:n kompaktikatkaisijoita. Mikäli lähdöt varustetaan mittaroinnilla, tarvitaan tilaa enemmän. Mittaristikoita jakeluverkkoyhtiön mittareita varten mahtuu 400 mm:n kojekenttään 6–8 kpl. DIN-kiskoon asennettavat mittarit vievät paljon vähemmän tilaa, mutta harmillisesti jakeluverkkoyhtiöt eivät halua sellaisia käyttää.

3.6 Sähköenergian mittaukset

Mikäli sähköenergian mittaus toteutetaan siten, että kiinteistön omistaja laskuttaa vuokralaisia, on huomioitava, että käytettävät mittarit ovat Euroopan Unionin MID-mittalaitedirektiivin mukaisia. Jos mittaus toteutetaan jakeluverkkoyhtiön jälkimittauksena, on syytä jo suunnitteluvaiheessa varmistaa verkkoyhtiön kanta mittauksiin. Kj-liittymällä varustettuihin kiinteistöihin jälkimittaus sopimuksen saa lähes poikkeuksetta, mutta pj-liittymän tapauksessa välttämättä ei. Esimerkiksi HSV:llä pj-kohteissa lupa jälkimittausjärjestelmään katsotaan kohdekohtaisesti. Vantaan Energia Sähköverkot Oy taas ei salli jälkimittauksia pj-kohteissa lainkaan. [20.] Mikäli jälkimittaukselle ei saa lupaa, mutta kohteeseen halutaan verkkoyhtiön mittarointi, on sähköön pääjakelu toteutettava siten, ettei siinä ole peräkkäisiä mittareita.

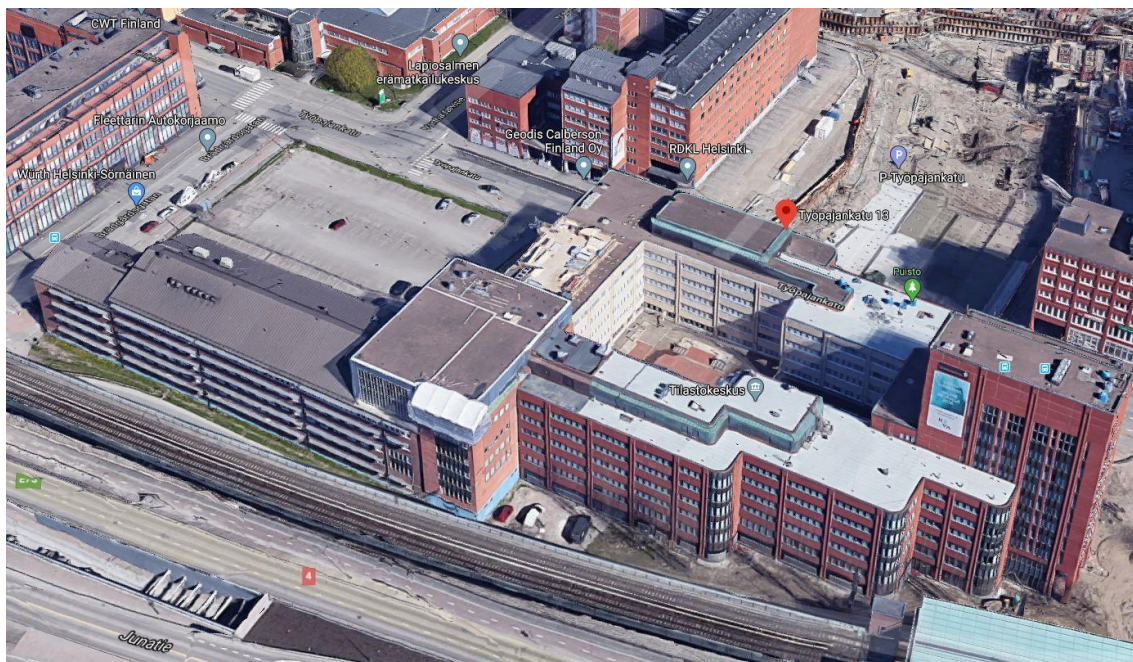
4 Case Kiinteistöosaakeyhtiö Helsingin Työpajankatu 13

4.1 Kohde

KOy Helsingin Työpajankatu 13 (kuvassa 3) on Kevan (ent. Kuntien eläkevakuutus) omistama kiinteistöosaakeyhtiö, joka hallinnoi toimistokiinteistöä Helsingin Kalasatamassa osoitteessa Työpajankatu 13, 00580 Helsinki. Kiinteistön ensimmäinen osa, Panimokadun siipi, on rakennettu 1953 ja siinä on toiminut alkujaan Tukkukauppojen Oy:n kahvipaahtimo ja banaanikypsyttämö. Kiinteistöä laajennettiin 1980-luvun lopulla, jolloin Tuko laajensi kiinteistöä ja rakennutti siitä itselleen pääkonttorin. 1990-luvun puolivälissä kiinteistön käyttäjäksi tuli Tilastokeskus, joka on edelleen kiinteistössä vuokralla.

Vuoteen 2016 kiinteistön pääasiallinen käyttäjä oli Tilastokeskus, jonka tilantarve oli kuitenkin vähenemään päin, koska toimitilastrategia oli tarkoitus muuttaa henkilökohtaisista työhuoneista avoimeksi monitilaympäristöksi. Kiinteistön omistaja päätti tällöin teettää

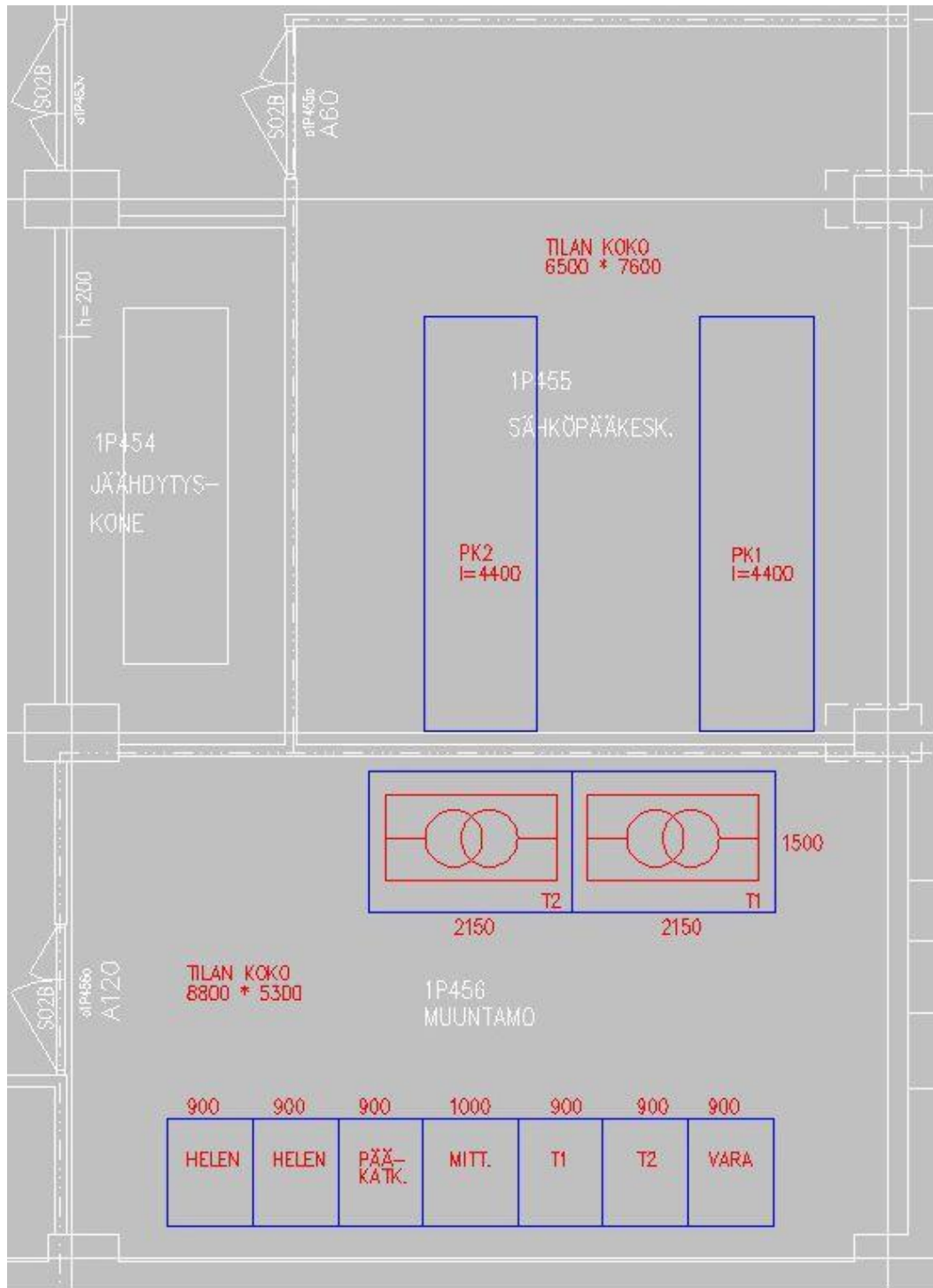
kiinteistöön laajan perusparannuksen, jonka jälkeen Tilastokeskukselta tarpeettomaksi jäävät tilat vuokrataan muille yrityksille.



Kuva 3. KOy Helsingin Työpajankatu 13. Vasen matala osa on vanhempi ns. Panimokadun siipi. [25.]

4.2 Tilanne ennen perusparannusta

Kiinteistön pääjakelu oli uusittu 1980-luvun laajennuksen yhteydessä ja se koostui 12 kV:n keskijännitekojeistosta, kahdesta 1000 kVA:n öljyeristeisestä muuntajasta sekä kahdesta 1600 A pääkeskuksesta (layout kuvassa 2). Normaalitylanteessa kumpikin muuntajista syötti vain oman puolensa pääkeskusta, mutta pääkeskusten välillä oli myös kytkimin varustettu kiskosilta, jolloin molempia pääkeskuksia saattoi syöttää yhdellä muuntajalla esim. huoltotapauksissa. Pääkeskukset oli varustettu yhteensä 800 kVAR:n loistehon kompensointilaitteistolla.



Kuva 4. Muuntamon ja pääkeskuksen layout ennen perusparannusta. Numerot ilmaisevat komponenttien mittoja.

Suunnittelun alkaessa pääjakelulaitteilla oli ikää noin 25 vuotta, eli niillä oli vielä laskennallista käyttöikää jäljellä 15–20 vuotta. Laitteisto päätettiin kuitenkin uusien perusparannuksen yhteydessä, jolloin työn vaatimat tilapäisjärjestelyt oli helpoin toteuttaa. Muussa

tapauksessa laitteiston uusinta olisi tullut ajankohtaiseksi myöhemmin kiinteistön normaalin käytön aikana, jolloin olisi todennäköisesti jouduttu tekemään paljon laajempia tilapäisjärjestelyjä, kuin nyt. Alueen jakeluverkon haltija ilmoitti uusivansa työn yhteydessä muuntamon liittymiskaapelit.

Oman haasteensa laitteiston uusintaan toi se, että Tilastokeskus toimi perusparannuksen ajan kiinteistön vanhemmassa osassa normaalisti. Lisäksi kiinteistössä sijaitti vielä tuolloin Valtion tieto- ja viestintätekniikkakeskuksen Valtorin konesali. Konesalin sähkönsyöttö oli turvattu UPS-laitteilla, joiden varakäyntiaika oli ilmoitettu olevan korkeintaan 45 minuuttia. Näistä johtuen koko kiinteistön sähköjakelua ei voitu keskeyttää kovin pitkäksi aikaa ja lyhyetkin katkot piti tehdä poikkeavana työaikana. Konesali oli alun alkaen tarkoitus poistaa käytöstä jo ennen peruskorjauksen alkua, mutta koska näin ei tapahtunutkaan, jouduttiin sen olemassaolo huomioimaan perusparannuksen aikana.

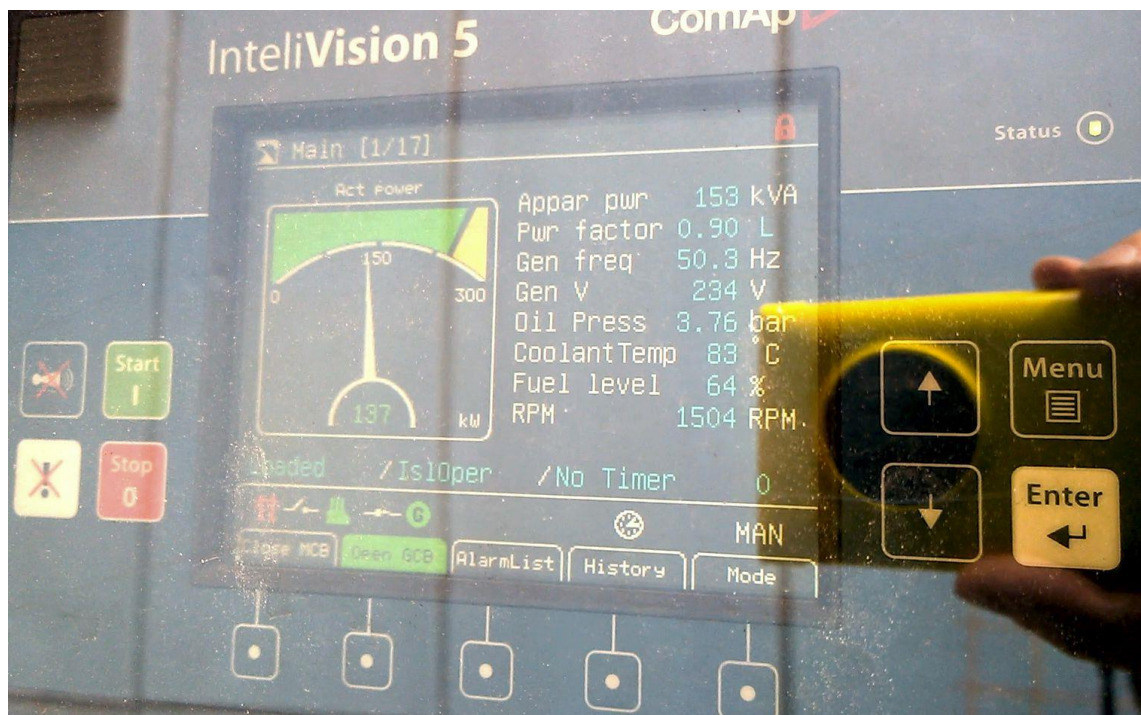
4.3 Tilapäissähköistys

Alkuperäisen suunnitelman mukaan kiinteistön tilapäinen sähköistys oli tarkoitus toteuttaa dieselgeneraattorilla. Maksimitehontarpeeksi oli arvioitu 200 kVA:ta, joka kuitenkin huomattiin peruskorjauksen alettua riittämättömäksi. Vaikka kiinteistö oli jo suurelta osin tyhjä, oli sen sähköteho edelleen noin 400 kVA. Generaattorin kapasiteettia olisi voitu kasvattaa, mutta ongelmaksi muodostui konesali, joka ei sallinut pitkiä sähköjakelun keskeytyksiä. Generaattoritoimittaja ilmoitti moottorin öljynvaihtoväliksi 400 h ja arvioitiin, että tilapäisjärjestelyjen kesto olisi noin kolme viikkoa. Generaattoriin jouduttaisiin siis vaihtamaan kertaalleen öljyt. Nopeimmillaankin öljyn pumpulla pois imemällä vaihtoon olisi mennyt noin tunti aikaa, joten konesalia varten olisi jouduttu hankkimaan toinen generaattori siksi aikaa. Normaalisti tämän kokoluokan generaattorin öljynvaihtoon on syytä varata 2–3 tuntia aikaa. Öljynvaihtoa ei pysty aloittamaan heti moottorin sammutuksen jälkeen, vaan moottorin ja öljyjen on annettava jäähtyä hetki. [15.]

Suunnittelun aikana oli selvitetty mahdollisuutta saada kohteeseen tilapäinen pienjänniteliittymä. Tuolloin ei Helen Sähköverkko Oy voinut sellaista luvata, mutta asiaa kysyttiin toteutuksen alettua uudestaan ja nyt meille ilmoitettiin, että 600 A:n pienjänniteliittymä on sittenkin mahdollista saada. Tämän liittymäkoon laskettiin riittävän koko kiinteistön

tilapäiseen sähköistykseen, mutta harmillisesti muutamia päiviä myöhemmin tuli ilmoitus, ettei jakeluverkonhaltija uskalla alueen jakeluverkon kuormituksesta johtuen sittenkään toimittaa kuin 400 A:n liittymän.

Sähkötehoa ei millään olisi saatu rajoitettua riittävästi, joten päätettiin tilata tilapäinen pienjänniteliittymä syöttämään kiinteistön kriittisempiä osia ja dieselgeneraattori muita osia. Kiinteistön vanhan pääjakeluverkon rakenne mahdollisti kuormitusten jakamisen osiin, joten generaattoria voitiin ajaa saarekekäytössä. Pienjänniteliittymä pyrittiin käyttämään mahdollisimman tehokkaasti hyväksi siten, että sen kuormitus pidettäisiin lähellä nimellisvirtaa ja loppuosa kiinteistöstä sähköistettäisiin dieselgeneraattorilla. Generaattorin toimitti kW-set Oy Tuusulasta ja se oli mallia Enermax Cummins CU331TSX, jossa on 8,9-litrainen 6-sylinterinen ahdettu dieselmoottori ja generaattorin nimellinen antoteho on 300 kVA. Suositelluksi jatkuvaksi maksimikuormaksi generaattorille ilmoitettiin 240 kVA, joka riitti kohteeseen hyvin. Generaattori suositellaan mitoittavaksi siten, että jatkuva kuormitus on 50-75 % nimelliskuormituksesta, jolloin polttomoottori toimii hyötysuhteeltaan parhaalla kuormitusalueella, eikä moottori karstoitu. [15.] Kuvassa 15 on esitetty dieselgeneraattorin näyttöpaneeli.



Kuva 5. Dieselgeneraattorin näyttöpaneeli.

4.4 Kuormitusten siirtoa

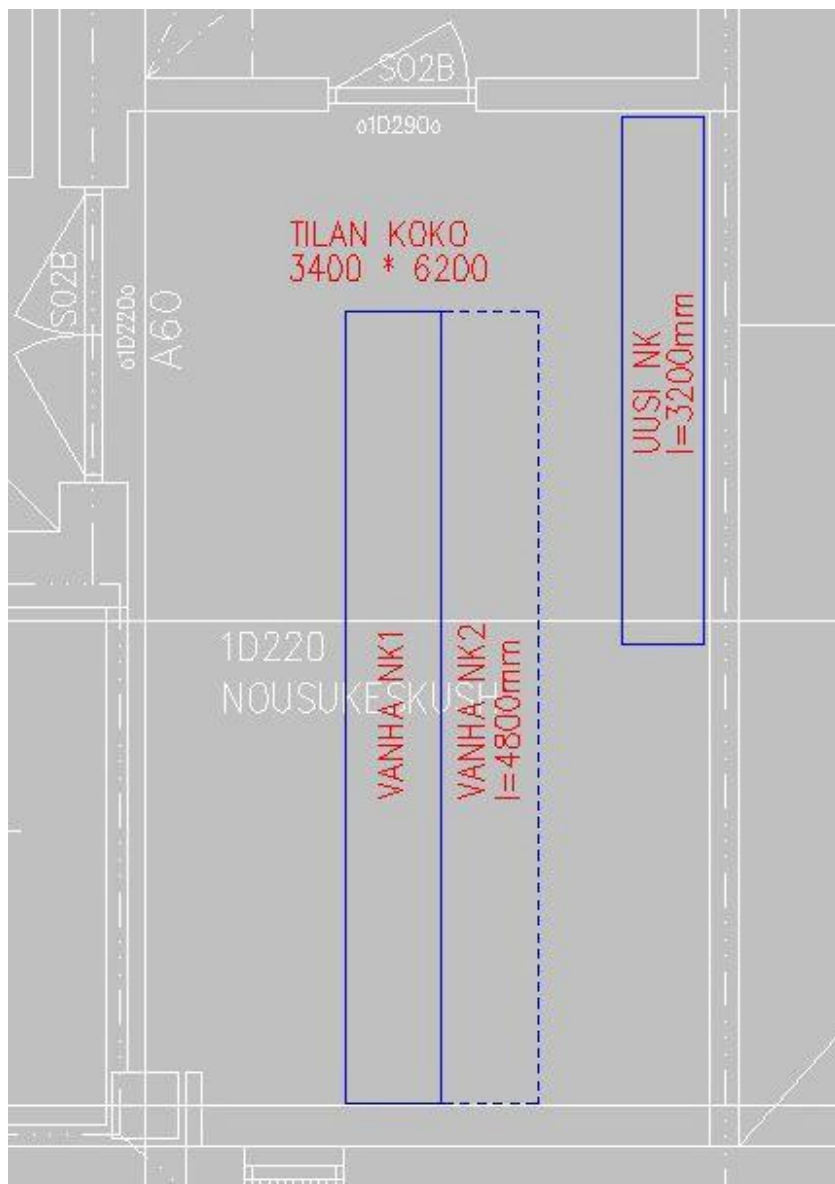
Purkutöitä kiinteistössä oli tehty jo aiemmin, joten pääkeskuksista oli vapautunut paljon lähtöjä ja kiinteistön sähköteho pienentynyt. Työ aloitettiin yhdistämällä nykyiset pääkeskukset kiskokytkimillä. Tätä ennen pyysin varmuuden vuoksi urakoitsijaa tarkistamaan että molempien pääkeskusten vaihejärjestys on sama. Tämän jälkeen muuntaja T2 voitiin kytkeä irti verkosta ja ryhtyä purkamaan sitä pois. Sen jälkeen siirrettiin pääkeskus PK2:essa vielä olevat kuormitukset pääkeskus PK1:een, jonka jälkeen PK2:en purkaminen voitiin aloittaa. Nyt kiinteistön sähköistys oli siis kokonaisuudessaan kiinni PK1:ssä jota syötti muuntaja T1.

Kiinteistön sähkötilat oli mitoitettu aikanaan reilun kokoisiksi, joten oli mahdollista asentaa uudet pääkeskukset kokonaisuudessaan paikalleen ennen kuin molemmat vanhat pääkeskukset oli purettu. Kiinteistön jakeluverkon topologiaa muutettiin perusparannusta edeltävään tilanteeseen verrattuna siten, että kerroksiin asennettiin nousu- ja mittauskeskuksia, kun aiemmin suurin osa keskuksista oli syötetty suoraan pääkeskuksilta ja kahdelta nousukeskukselta, jotka kaikki sijaitsivat 1. kerroksessa. Tämän johdosta uudet pääkeskukset veivät yhteensä vain hieman enemmän tilaa kuin yksi vanhoista pääkeskuksista yksinään ja ne asennettiin PK2:en paikalle taustat vastakkain. Suunnitelman mukaan keskukset oli tarkoitus asentaa vanhojen pääkeskusten sijoittelua mukaillen, mutta tällä tavoin työ helpottui. Suurin osa pääkeskuksilta lähtevistä kaapeleista uusittiin, joten nykyisiä kaapeleita ei juurikaan tarvinnut jatkaa. Tyypillisiä kaapelijatkostarvikkeita on esitetty kuvassa 6.



Kuva 6. Kaapelijatkostarvikkeita. [24.]

Vanhojen nousukeskusten kanssa voitiin edetä kuten pääkeskusten kanssa, eli ensin siirrettiin kaikki kuormitukset nousukeskus NK1:een, jonka jälkeen nousukeskus NK2:n saattoi purkaa pois. Vanhat nousukeskukset oli asennettu vastakkain keskelle nousukeskustilaa (kuva 7), joten tällä tavoin saatiin sen verran tilaa, että uuden nousukeskuk- sen sai asennettua käyttövalmiiksi tilan seinää vasten. Kuten pääkeskusten tapauk- sessa, tilantarve jäi pienemmäksi, koska aiemman kahden nousukeskuksen sijaan tar- vittiin vain yksi keskus. Tilantarvetta kartoittaessa on syytä huomioida myös haalausreitti sähkötilojen sisällä. Näissä tapauksissa tilaa oli siten, että uudet keskuksat pystyttiin haalaamaan olemassa olevien keskusten ohi.



Kuva 7. Nousukeskustilan layout.

4.5 Tilapäisten syöttöjen asennus

Kun uudet pääkeskukset ja uusi nousukeskus olivat paikallaan, aloitettiin tilapäisten sähkönsyöttöjen toteuttaminen. Tilapäisissä liittymissä Helen Sähköverkko Oy:n alueella liityntäkaapelin asennuksesta vastaa aina tilaaja, joten kiinteistön sähköurakoitsija asensi liityntäkaapelin verkonhaltijan jakokaapilta, joka onneksi sijaitsi kiinteistön tontin reunalla. Kaapeli asennettiin maan päälle suojaputkeen, koska se kulki pääosan matkastaan kiinteistön nurmialueella. Yksi jalkakäytävä jouduttiin ylittämään, jonka kohdalla kaapeli suojattiin vanerilla. Koska käytävä sijaitsi kiinteistön tontilla, ei sille tarvinnut haakea katutyölupaa.

Liittymää varten asennettiin pihalle konevuokraamosta vuokrattu ulkomittauskeskus ja se kytkettiin vielä paikallaan olevaan vanhaan PK1:een. Koska sähkökatkojen pituus haluttiin minimoida, kytkettiin liittymä keskuksen käyttämällä 400 A:n kytkinvarokelähtöä, eli syöttö tapahtui ns. väärään suuntaan. Tällöin syötön vaihdon sai tehtyä muutamassa sekunnissa. Pienjänniteliittymän käyttöönotto viivästy kahdella päivällä, koska jakeluverkonhaltija oli unohtanut tehdä työtilauksen mittaroinnista vastaavalle alihankkijalleen. Tästä ei kuitenkaan aiheutunut ongelmia, sillä vanhaa muuntaja T1:stä ei lähdetty purkamaan ennen kuin tilapäisjärjestelyt olivat valmiina.

Dieselgeneraattori puolestaan kytkettiin niin ikään ”väärästä suunnasta” kytkinvarokelähdön kautta syöttämään uutta NK:ta, josta puolestaan asennettiin tilapäinen välikaapeli vanhaan nousukeskukseen. Uuden nousukeskuksen ja uuden PK1:n välille oli jo asennettu kaapelointi ja uudet pääkeskukset oli varustettu keskuksen yhdistävin kiskokatkaisijoin. Uusiin pääkeskuksiin ei vielä tässä vaiheessa oltu kytketty lainkaan kuormituksia. Generaattori tilattiin avaimet käteen -periaatteella siten, että laitetoimittaja asensi generaattorilta kaapelit nousukeskukselle kiinteistön nykyisiä johtoreittejä käyttäen ja kytki valmiiksi, jonka jälkeen se yhdessä kohteen sähköurakoitsijan kanssa varmisti kytkentöjen oikeellisuuden. Avaimet käteen -toimitukseen kuului myös tankkauspalvelu. Generaattorissa oli oma 450 litran polttoainesäiliö, mutta se varustettiin ulkoisella 3 000 litran säiliöllä, jotta tankkausväliä saatiin harvennettua. Säiliöitä ei pystynyt käyttämään yhtä aikaa, vaan generaattorista on valittava, kummasta säiliöstä polttoainetta otetaan.

Tilapäisjärjestelyiden myötä kiinteistön sähköverkko jaettiin siis kahteen, joten generaattoria ei tarvinnut tahdistaa verkkoon. Kiinteistön sähkötehoa mitaamalla ja laskemalla

todettiin, että kuormituksen jaon pitäisi olla riittävä, kun vanhan nousukeskuksen siirtää generaattorin syötettäväksi. Tämän lisäksi kiinteistön sähkötehoa pyrittiin laskemaan seuraavin toimenpitein:

- IV-koneet kytkettiin kokonaan pois päältä niiltä alueilta, jotka olivat työmaana.
- Muiden IV-koneiden tehoa laskettiin.
- Osa pysäköintihallin valaistuksesta kytkettiin pois.
- Osa kiinteistön hisseistä otettiin pois käytöstä.

Tämän lisäksi kytkettiin varmuuden vuoksi pois päältä kaikki ulkovalaistusryhmät, sekä autolämmityspistorasiat, vaikkakin kesäajan ollessa kyseessä ne eivät lisää kuormaa tuoneetkaan. Saneeraus ajoitettiin heinäkuuhun, jotta kesälomakauden johdosta kuormitus oli pienimmillään. Kiinteistön jäähdytys tapahtui kaukojäähdytyksellä, joten se ei tuonut lisäkuormaa, pois lukien konesali, jonka jäähdytys oli toteutettu paikallisella jäähdytyskoneella.

4.6 Tilapäisiin syöttöihin siirtyminen

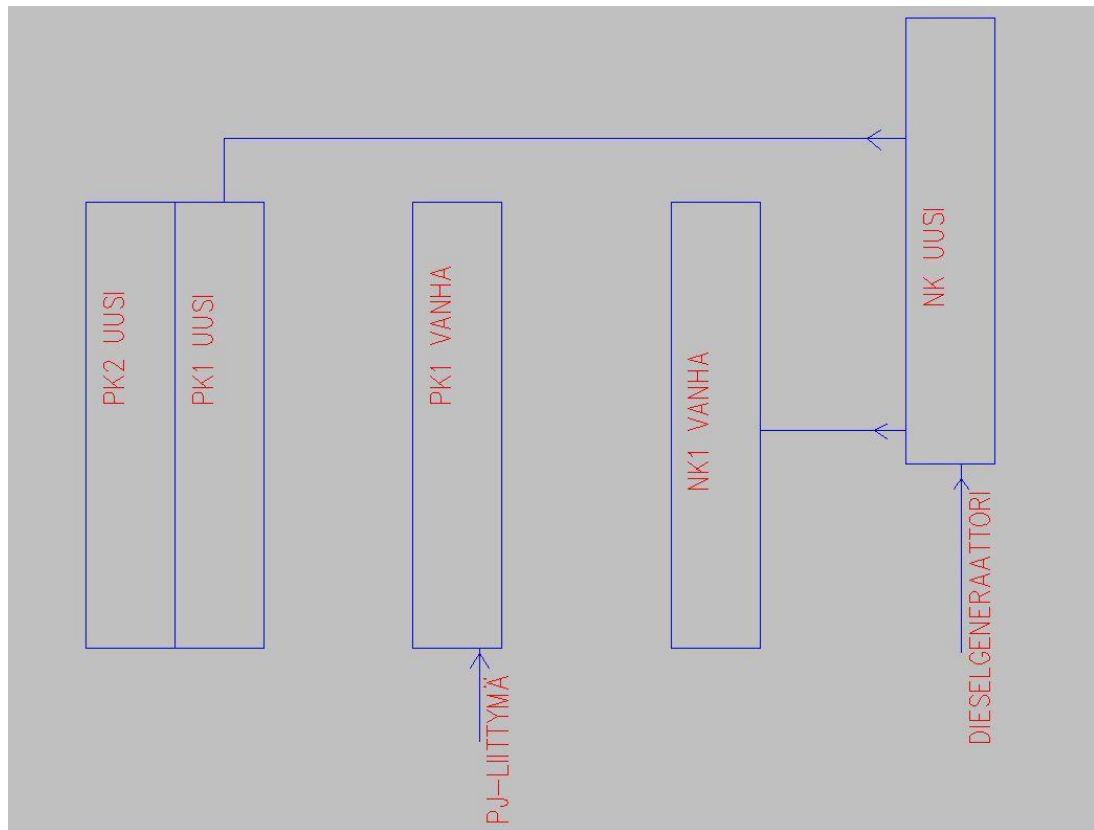
Siirtyminen tilapäissähköistykseen toteutettiin arkaamuna klo 6:00, jotta mahdollisesti ilmenevät ongelmat huomattaisiin ja toivottavasti ehdittäisiin korjata ennen virastoajan alkamista. Vanhaan pääkeskukseen pj-liittymän syöttöpisteeseen asennettiin tilapäisesti verkkoanalysaattori, jotta voitiin seurata liittymän virrankulutusta. Dieselgeneraattori (kuva 8) käynnistettiin, jonka jälkeen vanha NK1 irrotettiin vanhasta PK1:stä avaamalla keskuksen pääkytkin ja vastaavasti generaattorin kytkentään käytetty kytkinvarokelähtö

suljettiin.



Kuva 8. Dieselgeneraattori lisäpolttoainesäiliöineen ja pienjänniteliittymää varten vuokrattu mitauskeskus asennettiin kiinteistön takapihalle. Laitteiden ympärille tehtiin tilapäinen lauta-aita ilkivaltasuojaksi.

Tämän jälkeen avattiin vanhan pääkeskuksen pääkytkin ja suljettiin PJ-liittymän kytkentään käytetty kytkinvarokelähtö. Kaavio tilapäisjärjestelyistä on esitetty kuvassa 9. Yliheitto onnistui ongelmitta. Paloilmoitinkeskus ja turvalokkeskus antoivat vikailmoituksen, mutta muita vikoja ei ilmennyt. Nykyisissä elektroniikkalaitteissa on pääsääntöisesti ns. hakkurivirtalähde, joka saattaa ikääntyessään tehdä niin, ettei laite mahdollisesti vuosien käynnissä olon jälkeen tulleen sähkökatkon jälkeen enää käynnisty. Tämä johtuu usein hakkurivirtalähteen kondensaattorien ikääntymisestä, jolloin ne eivät sähköjen katkeamisen ja pienen jäähtymisen jälkeen saa enää pidettyä virtalähteen ulostulojännitettä vakaana. Tämän vuoksi käyttäjä kiersi vielä alueensa ATK-ristikytkenät läpi ja varmisti, että kaikki verkkokytkimet käynnistyivät.



Kuva 9. Nousujohtokaavio tilapäisjärjestelystä.

Pj-liittymän virtaa seurattiin ja lähtötilanteessa se oli noin 330 ampeeria. Kuormitus nousi kuitenkin aamupäivän aikana jo 400 ampeeriin ja tämän lisäksi välillä tuli noin 50 ampeerin virtapiikkejä aina kun joku pj-liittymän kautta syötetyistä hisseistä lähti liikkeelle. Kuormitusta pienennettiin katkaisemalla väliaikaisesti sähköt kahdesta IV-keskuksesta, jonka jälkeen siirrettiin konesalin jäähdytyskone, yksi IV-keskus ja työmaaparakit vanhasta pääkeskuksesta uuteen pääkeskukseen dieselgeneraattorin syötettäväksi. Tämän jälkeen pj-liittymän kuorma tasaantui hieman yli 300 ampeeriin. Nyt muuntamo voitiin kytkeä kokonaan jännitteettömäksi ja aloittaa myös vanhan kj-kojeiston purkutyöt. Tämän jälkeen voitiin myös vanhan NK1:n kuormitukset siirtää kaikki uuteen NK:een ja purkaa vanha NK1 sen jälkeen pois.

Pj-liittymän kautta syötettyihin kuormituksiin tuli seuraava sähkökatkos vasta, kun vanhassa PK1:essä vielä olleet kuormitukset siirrettiin yksi kerrallaan uuteen PK1:een kun uusi muuntamo oli saatu verkkoon. Dieselgeneraattori jouduttiin pysäyttämään kertaalleen öljynvaihtoa varten. Vaihto tehtiin lauantaina, jolloin parin tunnin sähkökatko ei aiheuttanut haittaa kiinteistön käyttäjille eikä työmaalle. Katkos ei myöskään aiheuttanut

ongelmia konesalille, vaikka sen jäädytys jouduttiinkin katkaisemaan. Herkimpinä komponentteina korkealle lämpötilalle on tietokonelaitteissa pidetty mekaanisia kiintolevyjä. Googlen tutkimus vuodelta 2007 osoittaa kuitenkin, ettei kiintolevyjen hajoamisriski välttämättä nouse lämpötilan nousun mukana, kunhan lämpötila pysyy levyille asetetuissa ohjearvoissa. [16.] Kiintolevyn sallittu käytönaikainen maksimilämpötila on yleensä 50–60 celsiusastetta. Tässä tapauksessa konesalin lämpötila ei kuitenkaan ylittänyt edes 30 celsiusastetta. Viimeisen kerran sähkökatko dieselgeneraattorin syötössä olleille kuormituksille tehtiin, kun kuormitukset siirrettiin takaisin kj-liittymän syötettäväksi.

4.7 Ennakoimattomat sähkökatkot

Suunniteltujen sähkökatkojen lisäksi tapahtui myös kaksi suunnittelematonta katkoa. Ensimmäinen katko aiheutui dieselgeneraattorin polttoaineen loppumisesta, kun polttoainetoimittaja ei tuonut polttoainetäydennystä ajoissa. Katko tapahtui varhain aamuyöstä, mutta onneksi generaattorin sisäinen tankki oli täynnä, joten se saatiin melko nopeasti uudelleen käyntiin vaihtamalla polttoaineen syöttö ulkoisesta tankista sisäiseen. Toinen katko aiheutui sen jälkeen, kun kj-liittymä oli jo toimintakunnossa. Toisen pääkeskuksen pääkytkimen laukaisuarvot olivat jääneet liian alhaiseksi, jolloin kytkin aukesi keskellä päivää normaalissa kuormitustilanteessa. Tämä katkos tapahtui työmaan ollessa vielä käynnissä, joten sähköurakoitsijan edustajat olivat jo valmiiksi kohteessa.

4.8 Yhteenveto ja lisäkustannukset

Laitteiden uusiminen onnistui hyvin, vaikka toteutustapaa jouduttiin muuttamaan perusparannusprojektin jo alettua. Jälkikäteen todettuna oli hyvä ratkaisu tilata pienjänniteliitymä syöttämään kiinteistön kriittisemmät alueet ja paikata loppu tehontarve dieselgeneraattorilla. Mikäli sähköistys olisi toteutettu kokonaan dieselgeneraattorilla, olisi polttoaineen loppumisesta aiheutunut sähkökatkos ”kaatanut” kiinteistössä olleen konesalin, josta olisi aiheutunut runsaasti ongelmia ja ylimääräistä ylläpitotyötä.

Tässä projektissa toteutussuunnitteluvastuu oli urakoitsijalla, mutta kokemuksen mukaan vastaavissa hankkeissa olisi syytä edellyttää sähkösuunnittelijaa tekemään suunnitteluvaiheessa eri työvaiheet sisältävä referenssisuunnitelma siitä, miten tällainen käy-

tönaikainen pääjakelujärjestelmän uusiminen on ajatus käytännössä toteuttaa. Tällä tavoin pystyy pienentämään virheiden mahdollisuutta sekä määrittelemään tarkemmin urakan sisällön, jolloin tilaajan ja urakoitsijan näkemuserot siitä, mitä urakkaan kuuluu ja mitä ei kuulu, pienenevät.

Kaiken kaikkiaan tilapäisjärjestelyt kestivät 32 päivää. Hyvin ennakkoon suunniteltuna muutokset olisi todennäköisesti saatu tehtyä nopeamminkin, mutta koska toteutustapaa jouduttiin muuttamaan perusparannushankkeen jo alettua, ei tämän jälkeen haluttu lähteä hätiköimään, vaan urakoitsijoiden annettiin toteuttaa muutokset rauhalliseen tahtiin.

Taulukko 6. Tilapäisjärjestelyjen aiheuttamat kustannukset. Summat perustuvat toteutuneisiin kustannuksiin hieman pyöristettynä. Hinnat sisältävät asennukset.

Tuote/tarvike	Hinta
Tilapäinen pienjänniteliittymä 400 A	3 618,00 €
Liittymäkaapeli (185Al, 420 m)	18 000,00 €
Mittauskeskuksen vuokra	1 200,00 €
Purkutyöt	5 000,00 €
RU-apytyöt (aitaukset, suojaukset)	2 500,00 €
Työnjohtokulut	1 500,00 €
Dieselgeneraattorin laitevuokra (neljä viikkoa)	2 600,00 €
Dieselgeneraattorin kuljetuskustannukset	1 500,00 €
Asennus, purku, opastukset, vakuutukset	2 300,00 €
Tarvikkeet (kaapelit, lisäpolttoainesäiliö)	2 000,00 €
Dieselgeneraattorin öljynvaihto	750,00 €
Kevyt polttoöljy (noin 25 000 litraa)	17 500,00 €
YHTEENSÄ	58 468,00 €

Dieselgeneraattorin kuormitus oli keskimäärin 130 kVA, joten sähköä sillä tuotettiin 32 päivän aikana noin 100 000 kWh. Kevyen polttoöljyn energiasisältö on noin 10 kWh/litra ja ison dieselgeneraattorin hyötysuhde noin 40 %. Polttoöljyn kulutus oli siten 0,25l/kWh. Taulukossa 6 on esitetty tilapäisjärjestelyiden aiheuttamat kustannukset. Osa kustannuksista sisältyi urakkaan, osasta urakoitsija esitti lisätyövaatimuksen.

5 Case kiinteistösakeyhtiö Gaselli

5.1 Kohde

KOy Gaselli (kuva 10) on Kevan omistama kiinteistösakeyhtiö, joka hallinnoi liike- ja toimistokiinteistöä Helsingin Kluuvissa osoitteessa Aleksanterinkatu 46. Kiinteistö on rakennettu vuonna 1892 ja se muodostaa KOy Mikonkatu 2 – Pohjoisesplanadi 35:n kanssa yhtenäisen rakennuskokonaisuuden, joka myös Wanhana kauppakujana tai epävirallisemmin mummutunnelina tunnetaan.



Kuva 10. KOy Gaselli, Aleksanterinkatu 46.

Alkujaan kiinteistön ylemmissä kerroksissa oli asuinhuoneistoja, mutta nykyisin se on kokonaisuudessaan liiketila- ja toimistokäytössä. Kiinteistön tunnetuimpiin käyttäjiin lukeutuu Säästöpankkien Keskus-Osake-Pankki SKOP, jonka pääkonttori toimi kiinteistössä vuodesta 1926 aina 1990-luvun konkurssiin asti ja jonka konkurssipesältä Keva osti kiinteistön vuonna 1997. Pitkäaikaisin käyttäjä oli ravintola König, joka toimi kiinteistössä sen rakentamisvuodesta lähtien aina vuoteen 2015 asti.

5.2 Nykytilanne

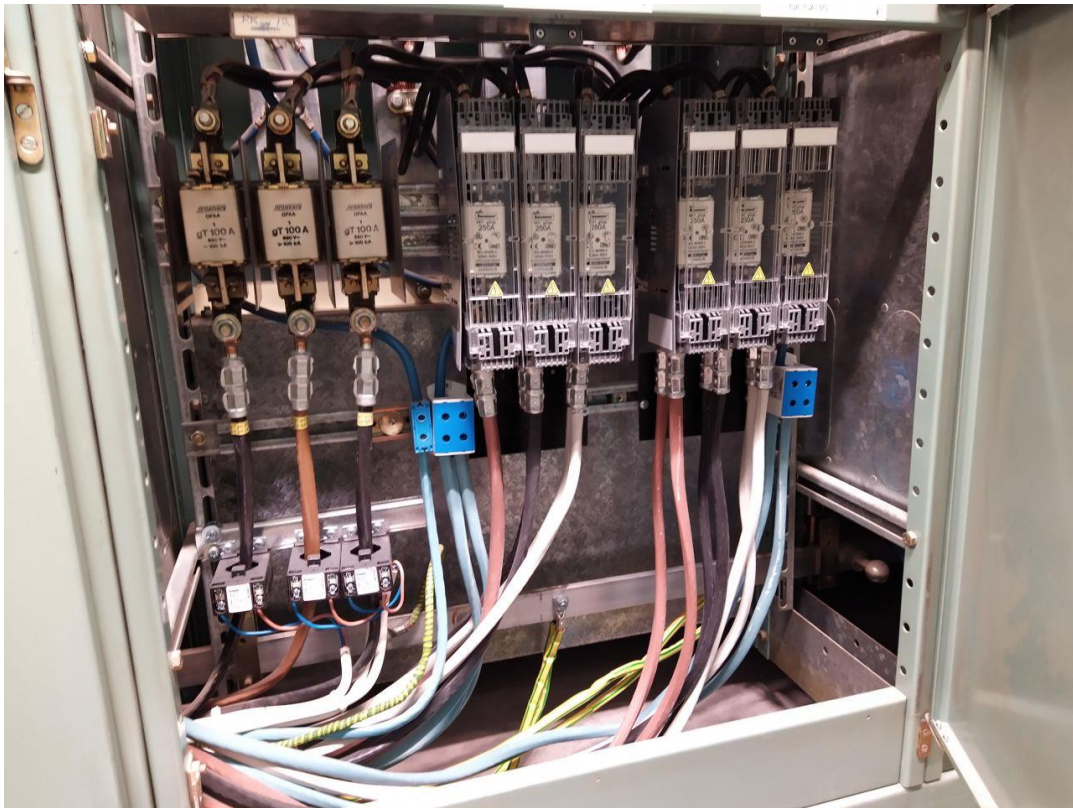
Kiinteistön pääjakelujärjestelmä on 1970-luvulta ja se koostuu 10 kV keskijännitekojeistosta, kahdesta 500 kVA:n öljyeristeisestä muuntajasta ja yhdestä 1600 A:n pääkeskuksesta. Kiinteistö varustettiin alkuun vain yhdellä muuntajalla, mutta toinen muuntaja jäi 1970-luvun lopulla ylimääräiseksi saman kiinteistönomistajan naapurissa sijaitsevasta kiinteistöstä, jolloin se asennettiin tähän kiinteistöön varamuuntajaksi. Kiinteistön sähkönkulutus on viime vuosikymmeninä ollut sen verran pientä, että vain toinen muuntaja on ollut käytössä.

Kiinteistön 4.-6. kerrokset saneerattiin vuosina 2015–2016 ja samassa yhteydessä kiinteistön pääjakelujärjestelmä tarkastettiin. Puutteita ei havaittu, mutta todettiin kuitenkin, että jakelujärjestelmän uusinta on tulossa ajankohtaiseksi noin viiden vuoden kuluttua. Pääkeskuksiin (kuvassa 10) on jouduttu tekemään muutoksia ja korjauksia, sillä sen rakenne ei ole enää optimaalinen tämän päivän sähkönjakelutarpeisiin. Keskuksessa on suhteellisen vähän suuria 400 A:n ja 250 A:n lähtöjä ja vastaavasti paljon 100 A:n lähtöjä. Jälkimmäisille on nykyään vähemmän käyttöä, sillä kiinteistössä on siirrytty sähkönjakelun toteutuksessa pääkeskus-nousukeskus-jakokeskus-ajatteluun sen sijaan että kaikki keskuksset pyrittäisiin syöttämään suoraan pääkeskuksesta.



Kuva 11. Pääkeskustila. Oikealla PK1 ja vasemmalla PK2.

Keskukseen on myös pitänyt useasti vaihtaa komponentteja, jotka ovat muutostöitä tehdessä hajonneet, kuten kuva 11 osoittaa. Keskuksen sisäpuolinen kosketussuojaus on nykymittapuulla puutteellinen ja sen lähdöt ovat pääosin kahvavarokelähtöjä, joka aiheuttaa valokaaririskin, mikäli sulaketta vaihtaessa kyseiseen lähtöön kytketyn keskuksen pääkytkin on kiinni. Kiinteistön kuormitus on myös vähentynyt menneistä vuosista niin, että saneerauksen yhteydessä on kiinteistön kj-liittymä tarkoitus purkaa ja vaihtaa tilalle 600 A:n pienjänniteliittymä. HSV:llä on selvityksessä, pystyvätkö he tarjoamaan pienjänniteliittymän syötön kiinteistön ulkopuolelta, vai pitääkö heidän rakentaa muuntamo kiinteistöön. Mikäli HSV pystyy tuomaan syötön kiinteistön ulkopuolelta, se helpottaa saneerausta. Tällöin ei tilapäistä syöttöä tarvitse asentaa lainkaan, vaan uusi pääkeskus voidaan ottaa käyttöön keskijänniteliittymän ollessa vielä toiminnassa.



Kuva 12. Yksi alkuperäinen ja kaksi uusittua kahvavarokealustaa.

5.3 Tilapäissähköistys

Kiinteistön sähkötehontarve on enimmillään noin 300 kVA ja tilapäissähköistys saneerausajan aikana on suunniteltu toteutettavan naapurikiinteistön KOy Mikonkatu 2 – Pohjoisesplanadi 35:n pääkeskuksesta syöttäen. Kyseisessä kiinteistössä on muuntajatehoa 1000 kVA ja senkin suurin sähkötehon tarve on noin 300 kVA, joten kapasiteetti riittää hyvin. Kiinteistöt ovat suoraan yhteydessä toisiinsa, joten tilapäiset kaapelit saadaan asennettua kiinteistöjen alueille. Molempien kiinteistöjen pääkeskukset sijaitsevat kellaritiloissa, joista myös on keskenään yhteys. Kellari on kaapelointireiteiltään haastava, eikä tilapäisiä kaapeleita pysty koko matkaltaan asentamaan nykyisille kaapelihyllyille, joten ne sidotaan osittain seinälle alakaton alapuolelle pannoilla tai liinoilla ja merkitään keltamustalla varoitusnauhalla.

Kiinteistön maksimivirrantarve on noin 430 ampeeria, joten, joten tilapäisiksi kaapeleiksi asennetaan tuplasyöttönä kaksi kaapelia. Tällöin voidaan kaapelien asennusta helpottaa, sillä kaksi ohuempaa kaapelia on yleensä helpompi asentaa kuin yksi paksu. PEX-

eristeistä alumiinikaapelia käyttäessä riittävä kaapelikoko on AXCMK 4x185Al+57Cu. Kaapelin kuormitettavuus asennustapa C:llä (kaapelihyllylle asennus) on 336 A. Sulakeiksi asetetaan kummankin kaapelin suojaksi 250 A:n kahvasulakkeet. Kaapelointietäisyys pääkeskusten välillä on 120 metriä ja kaavalla 4 voidaan tarkastaa, että riittävä yksivaiheinen oikosulkuvirta I_k saavutetaan:

$$I_k = \frac{(c \cdot U)}{(\sqrt{3} \cdot Z)} \quad (4)$$

c on varmuuskerroin 0,95, jolla huomioidaan liittimien aiheuttama lisäimpedanssi

U on pääjännite

Z virtapiirin kokonaisimpedanssi, joka muodostuu jakelumuuntajaa edeltävän verkon impedanssista, muuntajan impedanssista ja muuntajan jälkeisten johtimien impedanssista

Esimerkkitapauksessa oikosulkuvirraksi saadaan noin 8 kA, joka riittää, sillä vaadittava oikosulkuvirta on 3,3 kA. Laskentaa on yksinkertaistettu siten, että muuntajan ja keski-jänniteverkon impedanssia ei otettu huomioon, sillä varsinkin tapauksessa, jossa tehokas muuntaja sijaitsee muutaman metrin päässä pääkeskuksesta, on edeltävän verkon impedanssi laskettavan kaapelin impedanssiin verrattuna pääsääntöisesti niin pieni, ettei sillä ole olennaista vaikutusta laskentatulokseen. Yleisesti ottaen on oikosulkuvirtojen laskentaan suositeltava käyttää niihin tarkoitettuja laskentaohjelmia, kuten Febdokia, jolloin on helppo huomioida koko verkon impedanssi.

Kuten todettua, kiinteistön vanhassa pääkeskuksessa on vain kahvavarokelähtöjä ja sama tilanne on myös naapurikiinteistössä. Tästä johtuen on tilapaissyöttöä varten asennettava jatkoskotelo, johon asennetaan oikosulkuveitsin varustettu 630 A:n kytkinvaroke, jolla syötön kytkentä tapahtuu turvallisesti. Samaan koteloon toteutetaan myös sähköenergian mittaus, jotta käytetty sähkö saadaan laskutettua. Tilapaissyöttö kytketään syötettävän keskuksen kahvavarokelähtöihin, jolloin sähkökatko saadaan pidettyä lyhyenä. Vanhan pääkeskuksen pääkytkin avataan jonka jälkeen jatkoskotelon kytkinvaroke suljetaan. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää rakennuskonevuokraamosta vuokrattavaa mitauskeskusta.

5.4 Haalausreitti

Suurin haaste projektissa aiheutuu kiinteistön sähkötilojen sijainnista. Muuntamo ja pääkeskus sijaitsevat kiinteistön kellarikerroksessa aivan kiinteistön nurkassa. Käytettävissä ei ole riittävän suurikapasiteettista tavarahissiä, joten laitteistot on nostettava kellarista nosturilla. Nostoaukkoina tullaan käyttämään savunpoistoluukkuja, joka avautuu suoraan kiinteistön sisäpihalle. Kiinteistön kellari kattaa koko pihan ja pihakansi ei kestä kuorma-autoa, mutta pihan poikki menee vahvistettu huoltoreitti naapurikiinteistöön ja tämä väylä on onneksi savunpoistoluukkujen vierellä. Pihalle pääsee vain porttikäytäviä pitkin, joten on huomioitava että käytettävä kalusto mahtuu käytävästä läpi. Lisähaastetta tuo se, että savunpoistoluukku sijaitsee toisessa päässä kiinteistöä. Haalaukset jouduttaneen tekemään poikkeavana työaikana, sillä haalausreitti kulkee kiinteistössä toimivan vuokralaisen tilojen läpi (kuva 12). Joitakin vuokralaisen kalusteita joudutaan siirtämään haalauksen ajaksi syrjään.



Kuva 13. Haalausreittiä ravintolan keittiötilojen läpi.

Onneksi käytettävä haalausreitti on suhteellisen selkeä. Käytävät ovat melkein koko matkaltaan vähintään 1500 mm leveät ja ovetkin ovat pääosin 1200 mm leveitä. Parissa oviaukossa on matala kynnyks, jonka yli pääsee ramppia käyttäen. Savunpoistokuilun oviaukko jouduttaneen suurentamaan kaksilehtiseksi noston helpottamiseksi. Nyt kuilussa on vain yksi 900 mm:n ovi. Laitteet haalataan esimerkiksi siirtoalustoin tai hydraulisin kalustekuljettimin (kuva 13). Muuntajia voi liikuttaa myös omilla pyörillään. Vanhat kesukset ja kojeistot puretaan haalausta varten osiin ja uudet kesukset varustetaan tehtaalla kuljetuskatkein niin että yhden kuljetettavan yksikön pituus on esimerkiksi kaksi kojekenttää leveä.



Kuva 14. Kalustekuljetinpari, jolla voidaan haalata esimerkiksi keskuksen tai keskijännitekojeiston kenttiä. [26.]

500 kVa:n öljymuuntaja painaa arviolta 2000 kg, joten esim. siirtoalustoilla (kuva 14) tehtynä riittää yhdelle alustalle 500 kg kantavuus, kun käytetään neljää alustaa. Muuntaja

on kooltaan noin 1 500 m pitkä ja korkea ja noin 800 mm leveä. Haalausreitit lattia suojataan siirron ajaksi. Öljyn osuus muuntajan painosta on noin 500 kg ja se voidaan tarvittaessa poistaa muuntajasta paikan päällä haalauksen helpottamiseksi.

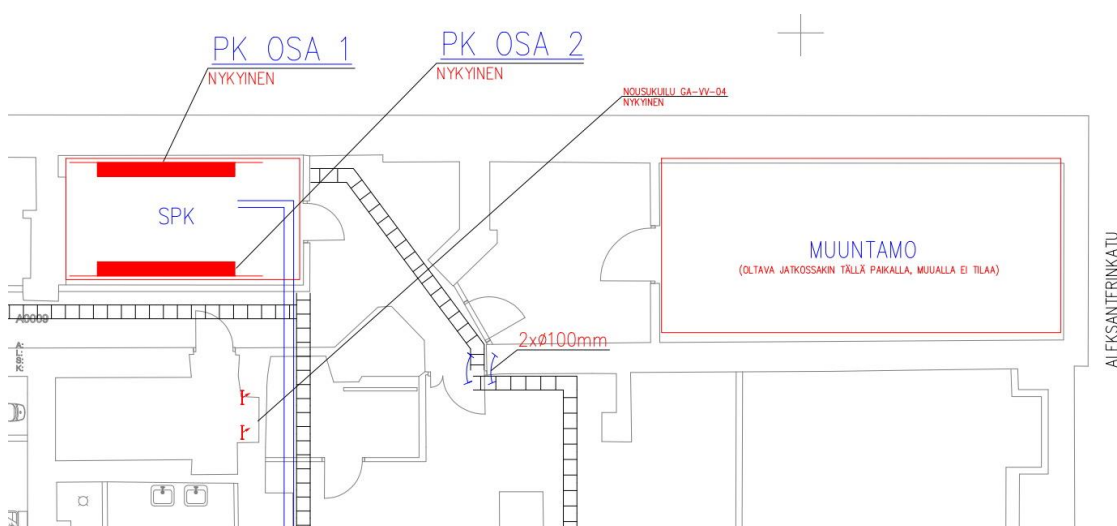


Kuva 15. Muuntajan haalauksista siirtorullien avulla. [27.]

5.5 Toteutus

Haastetta aiheuttaa myös se, että kellarissa ei ole sopivia tiloja uusille sähkötiloille, joten laitteistot joudutaan uusimaan nykyisiin tiloihin. Kuvassa 15 on kiinteistön kellarin osapohja muuntamon ja pääkeskuksen alueelta. Muuntamo ja pääkeskus ovat kuitenkin omissa tiloissaan ja pääkeskus on kaksiosainen, joka helpottaa tilannetta.

Toteutus aloitetaan siirtämällä pääkeskuksen kakkososasta kaikki kuormitukset ykkösosaan. Kaapeleita saatetaan joutua jatkamaan. Samassa yhteydessä joitakin nyt pääkeskuksesta syötettyjä jakokeskuksia käännetään aiemmin asennettuihin nousukeskuksiin, joka helpottaa tilannetta, kun näitä kuormituksia ei tarvitse siirtää enää toistamiseen.



Kuva 16. Aleksanterinkatu 46:n kellarikerroksen osapohja.

Tämän jälkeen voidaan pääkeskuksen kakkososa kytkeä irti verkosta ja purkaa pois, jonka jälkeen sen tilalle asennetaan uuden pääkeskuksen ykkösosa. Mikäli HSV pystyy toimittamaan uuden pj-syötön kiinteistön ulkopuolelta, otetaan liittymä käyttöön kj-liittymän rinnalle. Tällöin ei tilapäistä syöttöä naapurikiinteistöstä tarvita lainkaan, vaan kuormitukset vanhasta pääkeskuksesta voidaan siirtää uuteen pääkeskukseen pienjänniteliittymän syötettäväksi. Kaikkia syöttöjä ei luultavasti saada mahtumaan uuden pääkeskuksen ykkösosaan, joten tilapäisratkaisuna pääkeskuksen vierelle on asennettava esim. rakennuskonevuokraamosta vuokrattava työmaakeskus, johon otetaan syöttö uudesta pääkeskuksesta ja johon kytketään väliaikaisesti pieniä kuormituksia. Tämän jäl-

keen voidaan vanha pääkeskus ja keskijänniteliittymä purkaa sekä asentaa vanhan pääkeskuksen ykkösosan tilalle uuden pääkeskuksen kakkososa. Mikäli HSV joutuu rakentamaan kiinteistön muuntamon tilalle oman muuntamonsa, tuodaan uuteen pääkeskukseen tilapäinen syöttö, jota käytetään, kunnes HSV saa muuntamon toimintakuntoon.

6 Case Kiinteistösaakeyhtiö Mikonkatu 2 – Pohjoisesplanadi 35

6.1 Kohde

KOy Mikonkatu 2 – Pohjoisesplanadi 35 (kuva 17) on Kevan ja muutaman pienosakkaan omistama kiinteistösaakeyhtiö, joka hallinnoi liike- ja toimistokiinteistöä Helsingin Kluuvissa osoitteessa Mikonkatu 2. Kiinteistö on rakennettu vuonna 1888 ja se muodostaa KOy Gasellin kanssa yhtenäisen rakennuskokonaisuuden, joka myös Wanhana kauppakujana tai epävirallisemmin mummutunnelina tunnetaan.



Kuva 17. KOy Mikonkatu 2 – Pohjoisesplanadi 35, Mikonkatu 2.

Alkujaan kiinteistön ylemmissä kerroksissa oli asuinhuoneistoja, mutta nykyisin se on kokonaisuudessaan liiketila- ja toimistokäytössä. Kiinteistön tunnetuimpiin käyttäjiin lukeutuu Säästöpankkien Keskus-Osake-Pankki SKOP, jonka pääkonttori toimi kiinteistössä vuodesta 1926 aina 1990-luvun konkurssiin asti ja jonka konkurssipesältä Keva osti osuutensa vuonna 1997.

6.2 Nykytilanne

Kiinteistön pääjakelujärjestelmä on 1970-luvulta ja se koostuu 10 kV:n keskijännitekojeistosta, yhdestä 1000 kVA:n öljyeristeisestä muuntajasta ja yhdestä 1600 A:n pääkeskuksesta. Kiinteistön 4.–6. kerrokset saneerattiin vuosina 2015–2016 ja samassa yhteydessä kiinteistön pääjakelujärjestelmä tarkastettiin. Puutteita ei havaittu, mutta todettiin kuitenkin, että jakelujärjestelmän uusinta on tulossa ajankohtaiseksi noin viiden vuoden kuluttua. Pääkeskuksiin (kuva 16) on jouduttu tekemään muutoksia ja korjauksia, sillä sen rakenne ei ole enää optimaalinen tämän päivän sähkönjakelutarpeisiin. Keskuksessa on suhteellisen vähän suuria 400 A:n ja 250 A:n lähtöjä ja vastaavasti paljon 100 A:n lähtöjä. Jälkimmäisille on nykyään vähemmän käyttöä, sillä kiinteistössä on siirrytty sähkönjakelun toteutuksessa pääkeskus-nousukeskus-jakokeskus-ajatteluun sen sijaan että kaikki keskukset pyrittäisiin syöttämään suoraan pääkeskuksesta.



Kuva 18. Pääkeskustila.

Keskukseen on myös pitänyt useasti vaihtaa komponentteja, jotka ovat muutostöitä tehdessä hajonneet. Keskuksen sisäpuolinen kosketussuojaus on nykymittapuulla puutteellinen ja sen lähdöt ovat pääosin kahvavarokelähtöjä, joka aiheuttaa valokaaririskin, mikäli sulaketta vaihtaessa kyseiseen lähtöön kytketyn keskuksen pääkytkin on kiinni. Kiinteistön kuormitus on myös vähentynyt menneistä vuosista niin, että saneerauksen yhteydessä on kiinteistön kj-liittymä tarkoitus purkaa ja vaihtaa tilalle 600 A:n pienjänniteliittymä. HSV:llä on selvityksessä, pystyvätkö he tarjoamaan pienjänniteliittymän syötön kiinteistön ulkopuolelta, vai pitääkö heidän rakentaa muuntamo kiinteistöön.

6.3 Tilapäissähköistys

Kiinteistön sähkötehontarve on enimmillään noin 300 kVA, ja tilapäissähköistys saneerauksen aikana on suunniteltu toteutettavan naapurikiinteistön KOy Pohjoisesplanadi 37:n pääkeskuksesta syöttäen. Kyseisessä kiinteistössä on muuntajatehoa 800 kVA, ja

senkin suurin sähkötehon tarve on noin 300 kVA, joten kapasiteetti riittää hyvin. Kiinteistöt ovat suoraan yhteydessä toisiinsa, joten tilapäiset kaapelit saadaan asennettua kiinteistöjen alueille. Molempien kiinteistöjen pääkeskukset sijaitsevat kellaritiloissa, joista myös on keskenään yhteys. Kellari on kaapelointireiteiltään haastava, eikä tilapäisiä kaapeleita pysty koko matkaltaan asentamaan nykyisille kaapelihyllyille, joten ne sidotaan osittain seinälle tai alakaton alapuolelle pannoilla tai liinoilla ja merkitään keltamustalla varoitusnauhalla.

Kiinteistön maksimivirrantarve on noin 430 ampeeria, joten, joten tilapäisiksi kaapeleiksi asennetaan tuplasyöttönä kaksi kaapelia. Tällöin voidaan kaapelien asennusta helpottaa, sillä kaksi ohuempaa kaapelia on yleensä helpompi asentaa kuin yksi paksu. PEX-eristeistä alumiinikaapelia käyttäessä riittävä kaapelikoko on AXCMK 4x185Al+57Cu. Kaapelin kuormitettavuus asennustapa C:llä (kaapelihyllylle asennus) on 336 A. Sulakkeiksi asetetaan kummankin kaapelin suojaksi 250 A:n kahvasulakkeet. Tilapäissyötön väliin asennetaan rakennuskonevuokraamosta vuokrattava työmaakeskus, jolla saadaan molemmat kaapelit yhdellä pääkytkimellä katkaistavaksi sekä kulutettu sähkö mitattua kiinteistöjen välistä laskutusta varten.

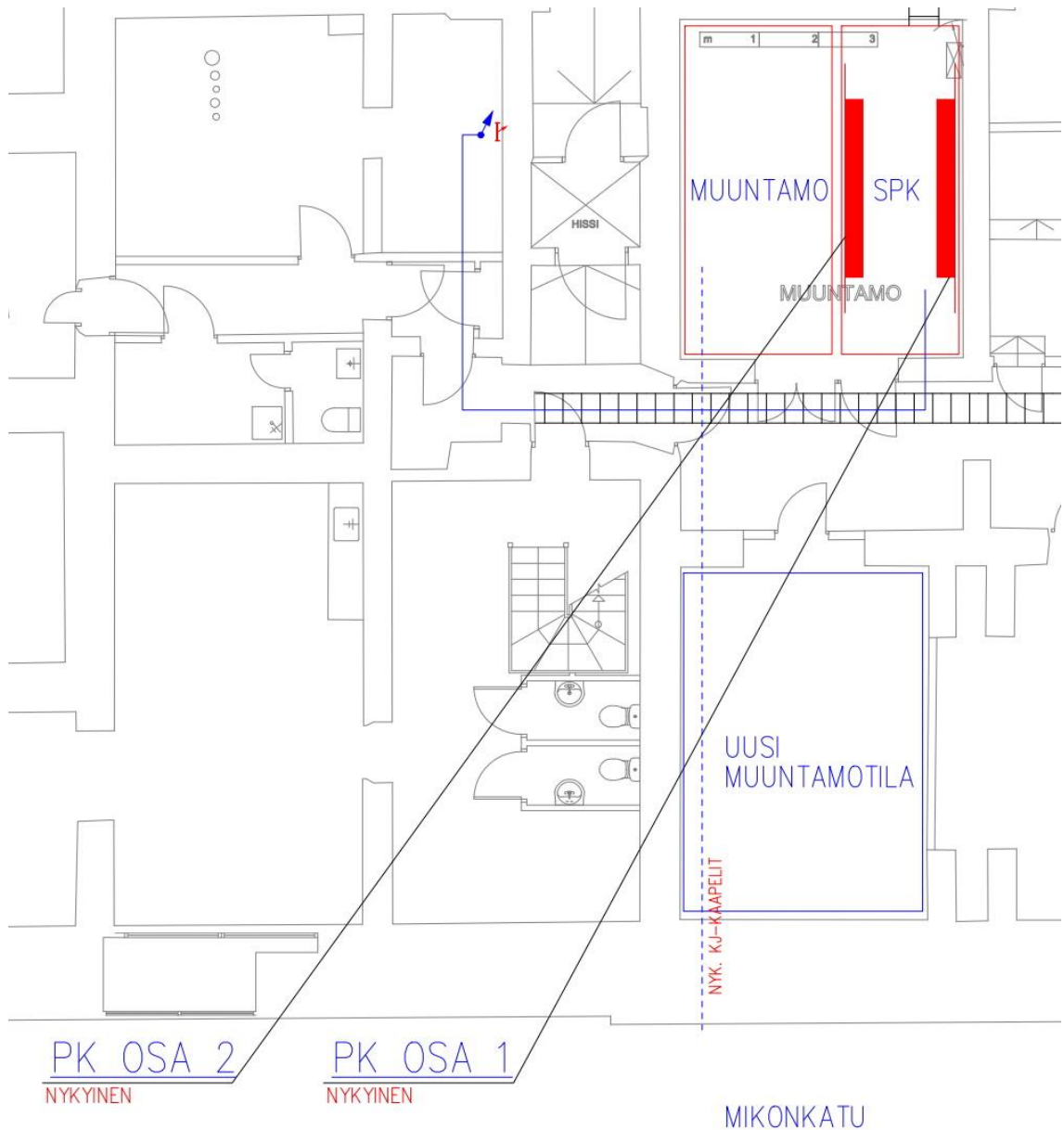
6.4 Haalausreitit

Tämänkin kiinteistön muuntamo ja pääkeskus sijaitsevat kellarissa, mutta onneksi tilojen vieressä on tavarahissi, jonka kuilua voidaan käyttää haalaukseen. Kiinteistön aiemman sähkösuunnittelijan mukaan kyseistä hissikuilua käytettiin aikanaan myös nykyisten pääjakelulaitteiden haalaamiseen. Haalaukselta varten on hissi ajettava hissiurakoitsijan toimesta 1. kerroksen yläpuolelle ja varmistettava jonka jälkeen hissikuilun pohjalle on rakennettava 1000 kVa:n muuntajan painon kestävät telineet. Muuntaja painaa arviolta 3 000 kg ja on pituudeltaan noin 1 800 mm, leveydeltään noin 1 000 mm ja korkeudeltaan noin 1 700 mm. Öljyn osuus muuntajan painosta on noin 700 kg ja se voidaan tarvittaessa poistaa muuntajasta paikan päällä haalauksen helpottamiseksi. Vaihtoehtoinen haalausreitti kulkee samaisen läpikuljettavan hissin/hissikuilun kautta, josta pääsee käytävää pitkin kiinteistön rajalla olevalle samalle savunpoistokuilulle, jota on tarkoitus käyttää KOy Gasellin muuntamo- ja pääkeskussaneerauksessa. Kuiluun pääsee molemmista kiinteistöistä, mutta pääsy tämän kiinteistön puolelta on hankalampi ja sen edessä matalalla on viemäriinija, joten vaihtoehtoinen nostoreitti on kiinteistön porttikäytävän

alla, jonka kohdalle kellarin kattoon on joskus tehty haalausaukko. Tämän aukon hyödyntäminen edellyttää kuitenkin rakenteellisia purkutöitä ja porttikäytävän asfaltoinnin purkamisen, joten sitä käytetään vain, mikäli muuntajien siirto hissikuilun tai savunpoistokuilun kautta osoittautuu kohtuuttoman hankalaksi.

6.5 Toteutus

Kiinteistön pääkeskus ja muuntamo sijaitsevat tällä hetkellä samassa tilassa (kuva 17) ja ne on erotettu verkkoseinällä toisistaan. Tila on ahdas ja tarkoitus on saneerauksen yhteydessä poistaa kj-kojeisto tilasta ja jättää koko tila pääkeskuskäyttöön. Mikäli HSV tarvitsee kiinteistöstä tilan omalle muuntamolle, sellainen pystytään onneksi tarjoamaan käytävän toiselta puolelta nykyistä muuntamoa vastapäätä. HSV:n kj-kaapelien reitti kulkee kyseisen varastotilan läpi, joten siinäkin mielessä se on ihanteellinen paikka muuntamolle, mikäli tarvetta ilmenee.



Kuva 19. KOy Mikonkatu 2 – Pohjoisesplanadi 35:n kellarikerroksen osapohja.

Uusi pääkeskus on tarkoitus asentaa nykyisen kj-kojeiston (kuva 18) paikalle joten toteutus aloitetaan rakentamalla tilapäissähköistys naapurikiinteistöstä nykyiseen pääkeskukseen. Syöttö kytketään keskuksen kahvavarokkeisiin ”väärään suuntaan” syöttäen, jotta sähkökatkon pituus saadaan minimoitua. Tämän jälkeen HSV rakentaa tarvittaessa oman muuntamonsa uuteen muuntamotilaan, jonka jälkeen vanha kj-kojeisto voidaan purkaa.



Kuva 20. KOy Mikonkatu 2 – Pohjoisesplanadi 35:n muuntamo.

Puretun kj-kojeiston paikalle asennetaan tämän jälkeen uusi pääkeskus, johon kytketään uusi pienjännitesyöttö. Tämän jälkeen voidaan kuormituksia alkaa siirtää vanhasta pääkeskuksesta uuteen. Vanhan pääkeskuksen kiinteistöosa on asennettu keskelle nykyistä pääkeskustilaa muuntamon verkkoseinää vasten. Tämän osan syöttö on vaihdettava ti-lapäisesti vanhasta pääkeskuksesta uuteen, jonka jälkeen vanha pääkeskus voidaan purkaa ja sen tilalle asentaa uuden pääkeskuksen kiinteistöosa. Ryhmä- ja nousujohtojen jatkamista varten rakennetaan tarvittaessa pääkeskuksen kattoon vanhan kiinteistökeskuksen kohdalle rakenneaineinen otsa, johon kaapelien jatkamisessa käytettävät rasiat voidaan kiinnittää.

7 Yhteenveto

Työn tavoite oli käydä pääpiirteittäin ja käytännön näkökulmasta läpi kj-liittymällä varustetun kiinteistön pääjakelun rakenne sekä kolmeen esimerkkitapaukseen perustuen käydä läpi, miten toteutetaan pääkeskus- ja muuntamosaneeraus liikerakennukseen sen

ollessa normaalisti käytössä. Tavoitteena oli esimerkein pyrkiä havainnollistamaan erityisesti niitä asioita, joita jo suunnittelijan on hyvä suunnitelmia tehdessään miettiä.

Tutkimuksen tuloksena saatiin raportti, joka antaa hyviä esimerkkejä kyseisenlaisten saneerausten toteuttamiseen ja kuvaa monia pieniä yksityiskohtia, jotka on otettava huomioon. Opinnäytetyön tekijälle Työpajankatu 13 oli ensimmäinen projekti, jossa pääsi valvomaan tämänkaltaista ”lennossa” tapahtuvaa saneerausta ja kyseisestä hankkeesta saadut kokemukset tulevat olemaan suureksi hyödyksi kahdessa muussa tässä tutkimuksessa käsitellyssä hankkeessa, joissa allekirjoittanut tulee vastaamaan valvonnan lisäksi toteutuksen suunnittelusta.

Raportin pyrkimys on kuvata vaadittavia toimenpiteitä nimenomaan käytännön näkökulmasta, sillä tällaista näkökulmaa ei löydy ohjeista ja standardeista, vaikka niistä tekniset vaatimukset löytyvätkin. Opinnäytetyö toivottavasti hyödyttää erityisesti niitä suunnittelijoita, urakoitsijoita, valvojia tai rakennuttajia jotka pääsevät ensimmäistä kertaa vastaanlaista hanketta toteuttamaan. Suosittelen myös rakennuttajia vaatimaan suunnittelijaa tekemään jo suunnitteluvaiheessa raportin mukaisen ”rautalankamallin” hankkeen kulusta ja sisällyttämään sen suunnitelmaan, jotta suunnittelijalla oleva tieto saadaan hyödynnettyä parhaalla mahdollisella tavalla myös toteutusvaiheessa. Tällainen referenssuunnitelma toivottavasti myös helpottaa tilanteen selvittelyä, mikäli tulee erimielisyyttä siitä, mitä kaikkea urakkaan kuuluu tai ei kuulu.

Lähteet

- 1 Räsänen Niko, 2017. Diplomityö, LUT. Teollisen internetin hyödyntäminen sähkönjakeluverkkojen käyttö ja kunnossapitopalveluiden tuottamisessa.
- 2 Googlen hakusanalla "suurin pienjänniteliittymä"
1000A: Tampereen Sähköverkko
1250A: Jyväskylän Energia, Vaasan Energia sähköverkot.
- 3 Sähköturvallisuuslaki 1135/2016, 4. luku, 60 §.
- 4 ST-kortti 53.11, Kuluttajamuuntamot. Sähkötieto ry.
- 5 Normax modulaarinen keskijännitekojeisto, asennusohje. Norelco Oy.
- 6 Plaani 2/2013, Sähkösuunnittelijat NSS ry.
- 7 Keskijänniteliittyjän muuntamot, ohje. 2.02/2019. Helen Sähköverkko Oy.
- 8 Chint NG7 -keskijännitekojeisto, esite. Finn Electric Oy.
- 9 Normax modulaarinen keskijännitekojeisto, esite. Norelco Oy.
- 10 SFS-käsikirja 601. 2009. SFS ry.
- 11 SF6-eristeinen moduulikojeisto ME6, käyttö- ja huolto-ohje. Finn Electric Oy.
- 12 Puistomuuntamot 2019. UTU Oy.
- 13 Verkostosuositus SA 8:90, jakelumuuntajien häviöiden arvostus. Sähköenergialiitto ry.
- 14 Verkostosuositus RM 3:02, kaapeliliitännäinen verkonhaltijan muuntamo. Sähköenergialiitto ry.
- 15 Keskustelut kW-set Oy:n edustajien kanssa.
- 16 http://static.googleusercontent.com/media/research.google.com/en//archive/disk_failures.pdf
- 17 Keskustelut Realia Management Oy:n isännöitsijöiden kanssa.

- 18 <https://www.midel.com/blog/fluids-comparison/>
- 19 <https://www.stuk.fi/aiheet/sahkonsiirto-ja-voimajohdot/jakelujohdot-ja-muuntamo>
- 20 Tarkastettu verkkoyhtiöiltä vuonna 2019.
- 21 Helen Sähköverkko Oy, sähköliittymien hinnasto 1.5.2018 alkaen.
- 22 Helen Sähköverkko Oy, sähkön siirtohinasto 1.5.2018 alkaen.
- 23 IEC-standardi 60076-11.
- 24 <https://www.cablejoints.co.uk>
- 25 <http://maps.google.com>
- 26 <https://micrologistic.com>
- 27 <https://vuorsola.fi/palvelut/haalaukset-ja-tunkkaukset/>