

Minna Pänkäläinen

Sähköasennusten kuntokartoitus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Insinööriytyö

31.5.2013

Tekijä Otsikko	Minna Pänkäläinen Sähköasennusten kuntokartoitus
Sivumäärä Aika	44 sivua + 1 liite 31.5.2013
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	sähkösuunnittelija Kari Laine sähkösuunnittelija Kai Grundström TkL Jarno Varteva, yliopettaja
<p>Insinööriyössä on perehdytty sähköasennusten kuntokartoitukseen ja selvennetty, mitä kaikkea sähköasennusten kunnon tarkastamiseen liittyy. Työssä on selitetty kuntoarvion ja kuntotutkimuksen sisältöä sekä esitetty käytännössä tehdyn kuntotutkimuksen tuloksia.</p> <p>Työn teoriaosuudessa on kerrottu vanhojen sähköasennusten ominaispiirteistä ja pohdittu, miten ne vaikuttavat kuntokartoitusprosessiin. Työssä on selvennetty miten kuntoarvio eroaa kuntotutkimuksesta ja kuka kuntoarvioita ja -tutkimuksia voi tehdä. Työssä on kerrottu mitä mittauksia ja tutkimuksia kuntotutkimuksen tekemiseen liittyy. Työssä on paneuduttu myös sähköteknisen kuntoarvion ja kuntotutkimuksen raportointeihin. Teoriaosuudessa on esitelty myös sähkön laatuun liittyvää standardia SFS-EN 50610, joka asettaa ohjeita kiinteistön sähkön laadulle. Määräaikaistarkastus voidaan tehdä kuntotutkimuksen yhteydessä ja teoriaosuudessa on selvitetty määräaikaistarkastuksen sisältöä.</p> <p>Työssä on käsitelty käytännön osuutena kuntotutkimusta, joka on tehty Kirkkonummella sijaitsevassa Sepän koulussa. Käytännön osuudessa on kerrottu esimerkkikohteeseen tehdystä kuntotutkimuksesta ja esitetty saatuja mittautuloksia ja johtopäätöksiä. Kohteen sähkölaitteistoa ja laitteiston kuntoa on esitelty Insinööritoimisto Techniplanin aiemmin suorittaman kuntoarvion ja kuntoarvioraportin perusteella. Kohteessa suoritettiin sähkönlaatumittaus, lämpökuvaus, sekä erinäisiä mittauksia asennustesterillä.</p> <p>Tämä insinööriyö on kirjallinen selvitys sähköasennusten kuntokartoitusprosessista. Työ luo kokonaiskuvan kuntokartoituksen sisällöstä sekä selventää alan termejä ja käsitteitä.</p>	
Avainsanat	Kuntotutkimus, kuntoarvio, kuntotarkastus

Author Title	Minna Pänkäläinen Electrical Installation Condition Reporting
Number of Pages Date	44 pages + 1 appendice 31 May 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical power engineering
Instructors	Kari Laine, Electrical Designer Kai Grundström, Electrical Designer Jarno Varteva, Lic.Sc. (Tech.), Principal Lecturer
<p>The purpose of this graduate study was to examine the evaluation of electrical installations' condition and explain what the evaluation includes.</p> <p>The study consists of two different parts. The first part consists of theoretical information concerning the evaluation of electrical installations' condition, old electrical installations, training of condition surveyor, the content of electrical installations' evaluation and condition analysis, and measurements that are included in condition analysis and power quality in real estate. SFS-EN 50160 standard for power quality is also introduced in this thesis. Periodic inspection can be made together with electrical installations' condition analysis and the content of the periodic inspection is cleared in the theory part.</p> <p>The second part of this thesis consists of a practical example and results of measurements. It also includes the basic information about the target of the practical example, Sepän koulu in Kirkkonummi. The basic information on Sepän koulu is based on Sepän koulu's evaluation of electrical installations' report that was made by Techniplan engineering office. The conclusions of this study and the results of the electrical installations' condition analysis are presented at the end of this thesis. Measurements in Sepän koulu included power quality measuring, thermal imaging and several measurements with an installation tester.</p> <p>The result of this study is a literary report, in which the processes of the electrical installations' condition analysis, the general image of the condition analysis, and the concepts of the condition survey have been cleared.</p>	
Keywords	electrical installations' condition, evaluation, analysis

Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

Sisällys

1	Johdanto	3
2	Sähköasennusten kunnon tutkiminen	4
2.1	Sähköasennusten historiaa	4
2.1.1	Sähköasennukset 1930 - 1956	4
2.1.2	Sähköasennukset 1956 - 1974	5
2.1.3	Sähköasennukset 1974 - 1995	6
2.1.4	Sähköasennukset vuodesta 1995 lähtien	7
2.2	Johdinten värit 230/400 V:n järjestelmissä	8
2.3	Sähkölaitteiston elinkaari kiinteistössä	9
2.4	Kuntoarvio	11
2.4.1	Energiaselvitys	12
2.4.2	Pitkän tähtäimen suunnitelma	12
2.5	Kuntotutkimus	13
2.5.1	Kuntotutkimuksen mittauksia ja tutkimuksia	14
2.5.2	Kuntotutkimus ja määräaikaistarkastus	15
2.5.3	Kuntotutkija	17
2.5.4	Kuntotutkimuksessa esiintyvät yleisimmät ongelmajätteet	18
2.5.5	Kuntotutkimuksen raportointi	19
3	Sähkön laatu	20
3.1	Sähkön laatu pienjänniteverkossa	20
3.2	Sähkönlaatumittaukset	21

4	Sepän koulun kuntotutkimus	22
4.1	Kiinteistön perustiedot	22
4.2	Kiinteistön sähköjärjestelmät	23
4.2.1	H1 - aluesähköistys	23
4.2.2	H2 - kytkinlaitokset ja jakokeskukset	24
4.2.3	H3 - johtotiet	25
4.2.4	H4 - johdot ja niiden varusteet	26
4.2.5	H5 - valaisimet	28
4.2.6	H6 - lämmittimet, kojeet ja laitteet	29
4.2.7	H7 - erityisjärjestelmät	30
4.2.8	J - tietojärjestelmät	30
4.3	Kuntotutkimusmittaukset	32
4.3.1	Sepän koulussa suoritettuja mittauksia	33
4.3.2	Mittarit ja mittausapuvälineet	33
4.3.3	Sähkön laadun mittaus	34
4.3.4	Lämpökuvaus ja lämpötilojen mittaus	35
4.3.5	Mittaukset asennustesterillä	37
5	Yhteenveto	38
5.1	Sähkönlaatumittauksen tulokset	38
5.2	Lämpömittausten tulokset	41
5.3	Muut kuntotutkimusmittaustulokset	42
	Lähteet	44
	Liitteet	
	Liite 1. Lämpökuvaus	

1 Johdanto

Sähköasennusten kuntokartoitukseen liittyvät termit *kuntotutkimus* ja *kuntoarvio* sekä niiden sisältö ovat joskus epäselviä jopa sähköalan ammattilaisille. Kuntotutkijan ja kuntoarvioitsijan on osattava perustella asiakkaalle kuntotutkimuksen ja -arvion tarvetta. Tässä insinööriyössä selvitetään mitä kuntotutkimukseen ja kuntoarvioon sisältyy, miksi sähkölaitteiston kuntoa pitää tutkia, kuka tutkimuksen tai arvion voi suorittaa, sekä miten ja milloin kuntotutkimus ja kuntoarvio tehdään.

Tämä insinööriyö tehtiin Insinööritoimisto Techniplan Oy:lle, jonka toimenkuva koostuu sähkösuunnittelusta sekä sähköjärjestelmien kuntoarvioista ja kuntotutkimuksista, rakennuttamisesta ja valvonnasta sekä erilaisista sähköurakointiin liittyvistä tehtävistä. Yrityksen referenssilistalta löytyy kohteita asuin- ja kiinteistöistä sekä koulu-, toimisto-, liike- ja julkisista rakennuksista aina teollisuuskohteisiin asti.

Tässä insinööriyössä kerrotaan vanhojen sähköasennusten erityispiirteistä eri aikakausilla. Joskus kuntotutkimuskohde voi sisältää hyvin vanhoja sähköasennuksia, tai asennuksia monilta eri vuosikymmeniltä, joten kuntotutkijan ja kuntoarvioitsijan on tunnettava eri aikakausilla tehtyjen sähköasennusten erityispiirteet. Vanhojen sähköasennusten lisäksi työssä esitellään sähkölaitteiston elinkaariajattelun pääpiirteitä.

Työssä esitellään sähköasennusten kuntoarvion ja kuntotutkimuksen sisältöä. Tarkoituksena on, että lukijalle muodostuisi käsitys siitä, mitä eroa on kuntoarviolla ja kuntotutkimuksella, ja mitä kuntotutkimuksen ja -arvion tekemiseen sisältyy. Työssä kerrotaan kuntotutkijan koulutuksesta ja kuntotutkimusraportin tekemisestä.

Koska kuntotutkimukseen kuuluu paljon mittauksia, joista osa liittyy sähkön laatuun, on työssä esitelty myös sähkön laadun standardia SFS-EN 50610.

Kuntotutkimusprosessin havainnollistamiseksi tehtiin kuntotutkimusmittauksia Kirkkonummen Masalassa sijaitsevassa Sepän koulussa. Käytännön osuudessa esitellään tutkimuskohdetta ja siellä tehtyjä mittauksia.

2 Sähköasennusten kunnan tutkiminen

2.1 Sähköasennusten historiaa

Kuntotutkimusta ja korjausrakentamista tehtäessä on pohdittava vanhojen sähköasennusten käyttökelpoisuutta ja määräystenmukaisuutta. Tapauskohtaisesti on päätettävä voidaanko entisten määräysten mukainen asennus jättää ennalleen vai onko siihen tehtävä muutoksia. Sähkötekniikka kehittyy vauhdikkaasti ja teknisten vaatimusten koventuessa nopeasti muutostarpeet kasvavat. Joissakin kiinteistöissä voi olla vielä ennen 1930-luvulla tehtyjä sähköasennuksia, mutta nykyään ne ovat erittäin harvinaisia.

2.1.1 Sähköasennukset 1930 - 1956

Vuosien 1930 - 1956 aikana sähkön pääasiallinen käyttötarve asunkierteistöissä keskittyi valaistuksen sähköistykseen. Käytössä saattoi kuitenkin olla myös kotitalouskoneita, liesiä ja kiertovesipumppuja. Sähkönmittaus tapahtui lähinnä huoneistokohtaisesti. Asennustapana uusissa asennuksissa oli yleensä uppoasennuksena tehdyt asennukset. 1930-luvulla lähes koko Suomessa oli siirrytty kolmivaiheiseen 220/380 V:n vaihtovirtaan. Helsingissä liittymisjohdot olivat yleensä maakaapeleita, mutta muualla liittymisjohdot olivat yleensä ilmajohtoja. Liittymisjohdon minimipoikkipinta-alaksi oli määritetty 4 mm². 1900-luvun alussa suojalaitteet oli sijoitettu hajautetusti, mutta 1930-luvulla hajautettu sijoitus koettiin hankalaksi ja suoja- ja kytkinlaitteita alettiin koota keskuksiksi. Keskustauluasennuksiin annettiin tarkat johdinvärisäännökset:

Johdinvärit ovat tasavirralla

- positiivisessa johtimessa punainen
- negatiivisessa johtimessa sininen.

Johdinvärit ovat vaihtovirralla

- vaiheessa 1 keltainen
- vaiheessa 2 vihreä
- vaiheessa 3 sinipunainen (violetti).

Maadoitus- ja nollajohtimien johdinvärit ovat

- kaikissa virtapiireissä maadoitettu johdin on valkoinen tai vaaleanharmaa
- maadoittamaton nollajohdin on valkoinen tai vaaleanharmaa punaisin poikkijuovin
- normaalikäytössä virraton maadoitusjohdin on musta.

Liesien yleistyessä 1930-luvulla pää- ja nousujohtojen mitoituksissa kehoitettiin ottamaan huomioon liesien kuormitus. Liesikuorma lisäsi nousu- ja pääjohtojen kokoa, jolloin jouduttiin käyttämään jopa 25 mm²:n kuparijohtimia. Johdoille ja niiden asennuksille, kytkinlaitteille, varokkeille, valaisimille sekä lämmitys- ja keittolaitteille oli asetettu vaatimuksia jo 1930-luvulla, vaikka osa laitteista vasta teki tuloaan. Vaatimuksia ja määräyksiä asetettiin esimerkiksi johtojen putkituksille ja eristeille sekä kytkinlaitteiden jännitteenkestolle. [1, s.10 - 15.]

2.1.2 Sähköasennukset 1956 - 1974

1950-luvun lopussa maaseudun asumuksista oli sähköistetty noin 80 %. Sähköliesi oli jo jokaisessa kodissa. 50-luvun lopussa asennustarvikkeiden osalta taipuisa muoviputki alkoi syrjäyttää markkinoilta muita putkitustarvikkeita, vaikka panssariputkeakin käytettiin yhä asennuksissa. Tuolloin kokeiltiin myös MMJ-kaapelin asentamista suoraan betoniin, mutta sopivat rasiointit ja liitännät puuttuivat, joten asennustapaa ei hyväksytty yleiseen käyttöön.

Elementtirakentamisen yleistyessä putkituksia alettiin tehdä suoraan elementteihin tehtaalla, mikä koettiin kuitenkin ongelmalliseksi, jolloin suurimmat toimittajat korvasivat elementtien putkitukset tekemällä elementteihin onteloita asennuksia varten. Joskus elementteihin asennettiin kaapelit, jotka vain rapattiin umpeen ilman minkäänlaisia putkituksia, vaikka se ei ole missään vaiheessa ollut sallittua, mutta työvaihe suoritettiin rakennuksen runkovaiheen aikana, jolloin paikalla ei ollut sähkötöiden valvontaa.

50-luvun lopussa asuntojen sähköistyksessä siirryttiin koteloituihin ja osittain kosketussuojattuihin sähkökeskuksiin. Asuntoihin asennettiin ryhmäkeskus, joka sisälsi pääkytkimen lisäksi ryhmäsulakkeet. Vuonna 1959 jotkin sähkölaitokset vaativat sähkömittarit sijoitettaviksi standardoituihin yhteismittarikeskuksiin.

Nykyään yhteismittarikeskuksiin on lisätty pääkytkin ja keskuksia kutsutaan monimittarikeskuksiksi. Keskusasennuksia koskevia määräyksiä tuli lisää. Määräykset asettivat vaatimuksia keskuksen sijoitukselle ja hoitokäytävälle. Mikäli kosketussuojattu, takaa avoin keskus asennettiin helposti syttyvälle alustalle esimerkiksi puuseinälle, seinän ja keskuksen välinen pinta oli suojattava palamattomasta materiaalista tehdyllä levyllä. Suojalevyt saattoivat olla pellistä, eterniitistä tai asbestista tehtyjä.

Kumi- ja keinomassaeristeisten kiinteisiin asennuksiin tarkoitettujen asennusjohtojen käyttö loppui käytännössä kokonaan 60-luvun loppupuolella. Mekaanisen kestoisuuden vaatimukset asennuskaapeleille tiukentuivat, jonka seurauksena johtojen oli oltava poikkipinnaltaan yli 1 mm². [1, s.16 - 20.]

2.1.3 Sähköasennukset 1974 - 1995

Sähköturvallisuusmääräysten valmistelu alkoi 1969. Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös (205/74) sähkötyöturvallisuusmääräyksistä 1.7.1974 toi voimaan rakennuksia koskevat sähköturvallisuusmääräykset (StM). Määräyksillä oli vuoden mittainen soveltamisvara jo rakenteilla oleviin rakennuksiin, joten sähköturvallisuusmääräyksiä alettiin kokonaisvaltaisesti noudattaa 1970-luvun puolivälin jälkeen. Vuonna 1979 uusittiin sähkölaki, jolloin muuttuivat myös rakentamiseen, huoltoon, käyttöön, tarkastukseen ja suunnitteluun liittyvät määräykset. Sähköveron perintä aloitettiin 1976.

Materiaalin ja tekniikan kehitys oli erittäin nopeaa näiden vuosikymmenten aikana, joten sähköturvallisuusmääräyksiä ja ohjeita jouduttiin uusimaan tiheällä aikavälillä. Sähköturvallisuusmääräysten uusia painoksia julkaistiinkin vuosina 1980, 1989 ja 1993. Vuonna 1994 julkaistiin eurooppalaisiin esikuvastandardeihin perustuva A2-94, Rakennusten sähköasennukset. SFS 6000-standardisarja julkaistiin 1999.

Rakennuksen rungon valmistuksen helpottamiseksi rakennusteollisuus alkoi kehittää uusia menetelmiä. Tilaelementit ja ontelolaatat yleistyivät. Tavoitteena oli, että sähköasennuksia pystytään tekemään mahdollisimman paljon pinta-asennuksena ja asennuksiin varattuja tiloja käyttäen. Kaapelihyllyt yleistyivät etenkin kellarikäytävillä ja huoneistojen sähköasennukset pyrittiin tekemään kylpyhuone-elementtiin, loput asennukset tehtiin onteloasennusteiden ja lista-asennusten avulla.

Sähkölämpö oli uusi tulokas 1960-luvulla ja yleistyi voimakkaasti haja-asutusalueilla. Perussähköistykseen muutoksia toi astianpesukoneen ja pyykinpesukoneen ryhmien lisäys, mutta muuten huomattavia muutoksia kuormitukseen ei syntynyt.

Asunnon nousujohdolle tuli uusia vaatimuksia. Sen oli oltava poikkiopinaltaan vähintään 2 x 10 mm²:n kuparijohdin, ja sulakekooksi asetettiin 1 x 35 A. Kun kiinteistöön rakennettiin sauna, nousujohton tuli olla 4 x 10 mm² ja sulakkeen 3 x 25 A. Kiinteistön liittymän mitoitti sähkölaitos, mutta pää- ja nousujohtojen mitoituksiin oli annettu suosituksia, joissa oli huomioitu tulevia mitoitusarpeen kasvuja.

Vuoden 1976 vaatimukset asettivat uusia edellytyksiä myös jakokeskuksen suunnittelulle

- kiinteistön päävarokkeiden, pääkytkimen, pää- ja nousujohtojen varokkeiden sijainti pääkeskuksessa
- pääkeskukselta lähtevien, kiinteistön yhteisten tilojen varokkeiden, kytkinten, laitteiden ja sähkömittauksen mahdollinen sijoitus pääkeskukseen
- jakokeskusten sinetöinti, jotta mittauksen häiritseminen ja mittaamattoman sähkön käyttö voidaan estää
- pääkeskusten ja erikoisrakenteisten jakokeskusten piirustukset on hyväksyttävä sähkölaitoksella.

Jakokeskustilojen suunnittelua ohjasi standardi SFS 3209. Ohjeita tuli myös rakennusten yhteisten jakokeskustilojen mitoituksen hyväksyttämistä sähkölaitoksella sekä jakokeskushuoneeseen sijoitettavista varasulakkeista. Lisäohjeita annettiin myös johtojen asentamisesta sähkölistaan, johtokanavaan ja asennuskouruun, sekä johdinten tunnistamiseen värien ja numerointien avulla. [1, s. 22 - 27.]

2.1.4 Sähköasennukset vuodesta 1995 lähtien

SFS 6000 Pienjännitesähköasennukset ilmestyi 1999 ja sähköasennuksia koskevissa teknisissä vaatimuksissa siirryttiin yleisesti standardien käyttöön. Standardien vaatimuksiin on tehty pienehköjä muutoksia vuosien varrella ja vuonna 2007 tehtiin standardin SFS 6000 kokonaisuudistus.

Palosuojaukseen tuli uudistuksia, joissa palovaarallisissa tiloissa TN-järjestelmän suojaukseen tuli käyttää enintään 300 mA:n vikavirtasuojakytkintä.

Käyttöönottotarkastuksia koskevat säädökset pysyivät kutakuinkin A2-94-säädösten mukaisina, mutta oikosulkuvirran mittaukseen tuli muutos, jossa edellytetään, että mitattu arvo tulee olla vähintään 25 % suojalaitteen toimintavirtaa suurempi.

Kylpy- ja suihkutilojen aluejakoihin tuli muutoksia ja lisäpotentiaalintasaus oli lisättävä peseytymistiloihin. Eräisiin 32 A:n pistorasioihin esimerkiksi suihkutiloissa, ulkotiloissa, rakennustyömailla sekä maa- ja puutarhataloudessa sijaitseviin pistorasioihin ja lämmityskaapeleihin oli lisättävä vikavirtasuojakytkin, jonka toimintavirta on enintään 30 mA. Pistorasiaryhmien poiskytkentäaikojen rajoitukset tiukentuivat. Vikavirtasuojat eivät saaneet enää olla AC-tyyppisiä, ja vikavirtasuojien käyttö tuli muutenkin ottaa huomioon asennusten ryhmittelyjä tehtäessä.

SFS 6000 kiinnittää entistä enemmän huomiota sähkömagneettisilta häiriöiltä suojautumiseen. Maadoituselektrodin asennusvaatimukset päivitettiin vastaamaan nykypäivän turvallisuusvaatimuksia. Eristysresistanssin arvo käyttöönottotarkastuksissa nousi arvosta $\geq 0,5 \text{ M}\Omega$ arvoon $\geq 1,0 \text{ M}\Omega$, enintään 500 V:n nimellisjännitteisissä virtapiireissä. [1, s. 27 - 30.]

2.2 Johdinten värit 230/400 V:n järjestelmissä

Sähköasennuksissa käytettävät johdinvärit ovat vaihdelleet vuosien saatossa. Johdinvärejä on määritelty seuraavissa yhteyksissä:

- Käsikirja A1, Varmuusmääräykset 1952
- Sähkölaki ja Varmuusmääräykset, julkaisu A1-57
- Käsikirja A9-95, Sisäjohdot
- Sähköturvallisuusmääräykset A1-74
- A1-89
- SFS 6000, kohta 514.

Kuntotutkijan tulee tuntea vanhat johdinvärit, sillä vanhoilla johdinväreillä tehtyjä asennuksia esiintyy yhä kiinteistöissä. [2, s.1 - 7.]

2.3 Sähkölaitteiston elinkaari kiinteistössä

Kiinteistön sähkölaitteiston elinkaari alkaa järjestelmien suunnittelusta, jota seuraa toteutus, käyttö, huolto, kunnostaminen ja lopuksi järjestelmän purku tai uudelleen kunnostus. Kiinteistön sähkölaitteiston elinkaari on noin 40 vuotta. Sähkölaitteiston elinikää voidaan pidentää huoltamalla ja ylläpitämällä laitteiston kuntoa.

Sähkölaitteiston kunnostuksen tarvetta voidaan kartoittaa kuntoarvion sekä kuntotutkimuksen avulla. Tutkimuksilla saadaan tarkempaa tietoa kiinteistön sähkölaitteiston uusimistarpeesta ja kapasiteetista. Kiinteistön sähköjärjestelmistä eniten hoitoa vaativat kytkinlaitokset ja jakokeskukset, valaistus- ja turvalaistusjärjestelmien lamput, varavoimakoneet sekä akustot. Valaistusjärjestelmissä uusien energiatehokkaampien valonlähteiden markkinoille tulo on lisännyt valaisinjärjestelmiin kohdistuvia huolto- ja kunnostustöitä, valaisimia vaihdetaan uusiin, tai kunnostetaan uusille valonlähteille sopiviksi. Muiden järjestelmien ylläpitohoitoon kuuluu lähinnä puhdistustoimenpiteet, mittaukset ja tarkastukset.

Elinkaarikustannukset kannattaa ottaa huomioon laitevalintoja tehtäessä. Usein järjestelmävalintoihin kuitenkin päädytään hankintahinnan perusteella, jolloin ei välttämättä oteta huomioon pitkällä ajanjaksolla muodostuvia elinkaarikustannuksia eli hankinta-, kunnossapito-, ja hoitokustannuksia. Kustannuksiin ja laitevalintoihin vaikuttaa myös sähkötekniikan järjestelmien voimakas kehitys viime vuosikymmenten aikana. Järjestelmien muunneltavuudelle, energiatehokkuudelle ja ympäristövaikutuksille on esitetty vaatimuksia.

Etenkin tietotekniikan järjestelmien nopea kehitys tuo markkinoille uusia ja monipuolisia ratkaisuja, joiden vuosi kiinteistöjen tietotekniikan järjestelmien elinkaari lyhenee ja elinkaarikustannukset nousevat. Elinkaarikustannusten selvittämiseen on käytössä useita erilaisia laskentamalleja ja esimerkkejä.

Seuraavassa taulukossa 1 (ks. seur. s.) esitetään esimerkkinä kunnossapitajaksoja sähkölaitteiston eri järjestelmille. Kunnossapitajakson kestoa arvioitaessa on kuitenkin otettava huomioon tapauskohtaisesti sähköjärjestelmän laitevalintojen ja käyttöolosuhteiden vaikutukset ylläpitoon ja kunnan arvioinnin tarpeeseen. Sähköjärjestelmistä riippuen laitteiston kunnossapitajakso on 10 - 50 vuotta.

Taulukko 1. Esimerkki sähkölaitteiston kunnossapitojaksoista

JÄRJESTELMÄ	LAITETYYPPI	KUNNOSSAPITOJAKSO (vuosi)
Kytkinlaitokset	Kojeistot	25
	Muuntajat	25
	Keskukset	20
	Kompensointilaitteet	15
Johtotiet	Kaapelihyllyt	40
	Ripustuskiskot	25
	Johtokanavat	25
Johdot	Liittymisjohdot	50
	Maadoitukset	50
	Nousujohdot	30
	Voimaryhmäjohdot	30
Valaistus	Valaisimet	25
	Turvavalaisimet	25
Lämmittimet, kojeet	Huonelämmittimet	20
	Kiukaat	20
	Ohjauslaitteet	10
Yleiskaapelointi- ja antenni- järjestelmät	Yleiskaapelointijärjestelmät	15
	kaapelointi	30
	Antennijärjestelmät	15
	kaapelointi	30
Rakennus- automaatio- järjestelmät	Valvomolaitteet	15
	Säätö- ja alakeskukset	15
	Kaapelointi	30
Turva- ja valvonta- järjestelmät	Paloilmoitusjärjestelmä	15
	Savunpoisto	15
	Oviautomaatiikka	10
	Kaapeloinnit	30

Kunnossapitajakset ovat ohjearvoja. Kun sähkölaitteiston osien kuntoa tarkistetaan ja huolletaan säännöllisesti, niiden tekninen käyttöikä pidentyy. Joskus huoltotarpeita voi ilmaantua lyhyelläkin aikavälillä. [3.]

2.4 Kuntoarvio

Kuntoarvio on silmämääräinen ja aistinvarainen arvio kiinteistön sähkölaitteiston senhetkisestä teknisestä ja toiminnallisesta tilasta. Kuntoarvio tehdään yleensä kiinteistön ns. pitkän tähtäimen suunnittelun ja rahoitustarpeen arvioimiseksi. Arvioinnin kohteena ovat yleensä koko kiinteistön sähköjärjestelmät, rakennetekniikka, piha-alueet sekä muiden järjestelmien, kuten LVI-järjestelmien tila. Kuntoarvion suorittavat eri osaluokkiin pätevytyneet kuntoarvioitsijat. Asuinkiinteistön kuntoarvion suorittavat yleensä LVI-järjestelmien kuntoarvioitsija, rakennetekniikan kuntoarvioitsija sekä sähköjärjestelmien kuntoarvioitsija. Arviointi suoritetaan aistinvaraisesti rakenteita rikkomatta, eikä arviointiin yleensä sisälly näytteidenottoa tai mittauksia, vaan arviointi tehdään silmämääräisesti ja käyttäjiä haastatellen, sekä olemassa olevia dokumentteja tutkimalla. Kuntoarviossa saatuja tietoja voidaan käyttää hyväksi kuntotutkimukseen ryhtyessä sekä suunniteltaessa tulevia kunnossapitotarpeita. Kuntoarvioita voidaan laatia yksityisille ja julkisille tiloille, omakotitaloista teollisuushalleihin.

Kuntoarviosta kirjoitetaan kuntoarvioraportti, johon sisältyy yleensä energiaselvitys sekä PTS eli pitkän tähtäimen suunnitelma. Kuntoarvioraportti perustuu kuntoarvioitsijan näkemykseen rakennuksen kunnosta, sekä silmämääräisiin ja aistinvaraisiin arvioihin. Kuntoarvioraporttiin kirjatut huomiot sähkölaitteiston kunnosta voivat vaatia tarkempaa kuntotutkimusta ja lisäselvitystä, jotta todellinen kunto saadaan selville. Jokainen kuntoarvioitsija kirjoittaa kuntoarvioraporttiin osion omasta erityisalastaan. Vastuuhenkilö kokoaa tiedot raportiksi. Kuntoarvioraportin keskeisin osa on yhteenveto. Yhteenveto on tiivis, selkeä ja looginen kokonaisuus, josta saa kokonaiskuvan kiinteistön tilanteesta ja ehdotetuista toimenpiteistä tärkeysjärjestyksessä. Kiireelliset toimenpiteet on oltava selkeästi esillä yhteenvedon alkuosiossa. Yhteenvedossa esitetään PTS-esitys rakenne- ja järjestelmäkohtaisesti.

Kuntoarvioraportin tuloksissa järjestelmät luokitellaan kuntoluokkiin. Kuntoarvioitsija arvioi järjestelmän kunnan, jonka perusteella järjestelmä saa kuntoluokitusarvon. Kuntoluokkia on neljä. Kuntoluokka 1 vastaa uutta tai hyväkuntoista järjestelmää. Kuntoluokka 2 vastaa tyydyttävää, mutta ei välittömässä uusimis- tai korjaustarpeessa olevaa järjestelmää. Kuntoluokka 3 vastaa välttävää järjestelmää, jossa vaaditaan korjaus- tai uusimistoimenpiteitä lähivuosina. Kuntoluokka 4 vastaa huonokuntoista, teknisesti vanhentunutta, uusittavaa järjestelmää. [4, s. 1 - 11.]

2.4.1 Energiaselvitys

Energiaselvitys on laaja kartoitus kiinteistön energiankulutuksesta. Selvitys on yleensä raporttimallinen, ja sen avulla saadaan kartoitettua myös energiankulutuksen ongelma-kohtia. Energiaselvityksessä kartoitetaan ensin kiinteistön lähtötilanne. Energiaselvityksessä tutkitaan

- ovet, ikkunat ja ulkoseinät
- valaisimet ja valaistuksen ohjaus
- rakenteiden kunto silmämääräisesti
- sähköjärjestelmät
- lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmät
- kiinteistön energiankulutus
- kokonaiskuva.

Selvitystä varten tarvitaan tietoja kiinteistön sen hetkisestä energiankulutuksesta, aiemmista korjauksista sekä kiinteistön pohjatiedoista. [4, s. 7 - 8.]

2.4.2 Pitkän tähtäimen suunnitelma

Pitkän tähtäimen suunnitelma (PTS) eli korjaussuunnitelma on ennakoivaa suunnitelmua, jonka tarkoituksena on ylläpitää ja tarvittaessa parantaa kiinteistön nykyistä kuntoa. Suunnitelma on taulukkomuotoinen esitys, jossa annetaan toimenpiteille ehdotetut aikataulut vuosisuunnitelman muodossa.

PTS on tarkoitettu kuntoarvion tilaajan päätöksenteon avuksi. PTS-esityksessä kuntoarvioitsija tekee ehdotuksen kiinteistön pitkän aikavälin teknisestä kunnostusohjelmasta. Pitkä tähtäimen suunnitelman tarkastelujakso on pituudeltaan yleensä 10 vuotta. Suunnitelmassa esitetään seuraavan 10 vuoden aikana tehtäväksi suositellut korjaustyöt. PTS-esitykseen ei kirjata vuotuisia huoltotoimenpiteitä eikä ilkeistä aiheutuneita korjaustoimenpiteitä. Kiireellisiä välitöntä korjausta vaativia, tai lisätutkimustarpeessa olevia toimenpiteitä ei kirjata PTS-esitykseen, vaan ne esitetään kuntoarvioraportin yhteenvedossa.

PTS-esityksessä ehdotetaan jokaiselle toimenpiteelle suunniteltu toteutusvuosi sekä kustannusarvio kalenterivuositain. PTS-esitykseen liitetyt kustannusarviot eivät ole tarkkoja korjaushankkeeseen kuluvia kustannuksia, vaan helpottavat budjetin suunnittelua. [4, s. 10 - 11.]

2.5 Kuntotutkimus

Kuntotutkimus aloitetaan yleensä kuntoarvion tai muun tarpeen perusteella. Kuntotutkimuksessa tutkitaan kuntoarviosta saatuja tietoja tarkemmin. Lisäksi tutkitaan osia, joita ei aistinvaraisesti voi arvioida. Kuntotutkimus eroaa kuntoarviosta siten, että kuntotutkimuksessa suoritetaan sähkötekniisiä tutkimuksia mittaamalla ja tarpeen vaatiessa rakenteita rikkomalla ja avaamalla.

Kuntotutkimus on käytännön tasolla tapahtuva kenttätutkimus, jossa sähkölaitteiston kunto tutkitaan, ja varmistetaan että nykypäivän käyttövaatimukset täyttyvät myös turvallisuuden osalta. Suunnitelma-asiakirjoihin tutustutaan, tehdään kenttämittauksia ja -tutkimuksia sekä otetaan tarvittaessa näytteitä, joita voi tutkia laboratoriossa. Kuntotutkimuksen avulla voidaan selvittää syntyneet vauriot ja niiden syyt, vaurioiden laajuus, tulevaisuudessa syntyvät vauriot, vaurioiden vaikutukset sekä turvallisuusriskit. Kuntotutkimukseen voidaan sisällyttää mittauksia, tariffin tarkastusta, määräaikaistarkastus, silmämääräistä arviointia, ongelmajätteen määrittelyä (esimerkiksi vanhat akut varaston lattialla) ja näytteenottoja (esimerkiksi asbestinäyte).

Kuntotutkimus toimii varsinaisen korjaussuunnittelun apuna ja perusteena. Tutkimus kannattaa teettää ennen varsinaista korjaussuunnittelun tekemistä, jotta korjaustarpeet osataan kohdistaa oikein. Kuntotutkimuksen tekeminen edellyttää erityistä ammattitaitoa, sillä vanhat asennustavat, järjestelmät ja rakennetekniikka on tunnettava hyvin. Kuntotutkijoille järjestetään koulutuksia, joista voi hankkia kuntotutkijan pätevyyden.

Kuntotutkimuksen sisältö on aina kohdekohtainen, joten tarkkaa määritelmää kuntotutkimuksen sisällöstä ei ole. Kuntotutkimus voi olla koko kohteen laajuinen tai kohdistua johonkin tiettyyn laitteiston osaan, esimerkiksi pelkästään valaistukseen kohdistuva kuntotutkimus tai kuntotutkimus kohteen tele- ja antennijärjestelmille.

2.5.1 Kuntotutkimuksen mittauksia ja tutkimuksia

Kuntotutkimuksessa suoritettaviin tutkimuksiin sisältyviä mittauksia:

- valaistusmittaus
- oikosulkuvirtojen mittaus
- eristysresistanssin mittaus
- suojajohtimien jatkuvuuden mittaus
- loistehon kompensoinnin mittaus
- huippu- ja keskitehojen mittaus
- jännite- ja virtamittaus
- vikavirtasuojakytkinten toiminta-aikojen mittaus
- sähkölaitteiston osien lämpötilojen mittaus.

Parhaimmillaan kuntotutkimuksesta selviää kiinteistön sähköistyksen kokonaistilanne. Mittaamalla saadaan selville kiinteistön liittymisjohtojen kunto ja uusien liittymisjohtojen lisäysmahdollisuudet sekä liittymän tehonsiirtokyky, lämmitykset, energiansäästömahdollisuudet ja tariffit. Kuntotutkimusmittauksissa tarkistetaan ulkovalaistuksen ja auto-lämmityspistorasioiden kunto ja turvallisuus sekä muiden aluesähköistykseen kuuluvien koneiden ja laitteiden kunto. Kuntotutkimuksessa tutkitaan keskustilojen siisteys ja turvallisuus, jakokeskusten koteloinnit, keskusten ja ylivirtasuojien merkinnät sekä tilojen määräystenmukaisuus.

Johtoteiden, kaapelihyllyjen, valaisinripustuskiskojen ja muiden pinta-asennusten kunto ja siisteys sekä kantokyky tulee tarkastaa. Samalla selviää käytössä olevien kaapeleiden kunto, sijainti ja määrät sekä kuormituksen pysyvyys ja häviöt. Pistorasioiden, kytkinten ja muiden asennuskalusteiden kunto tutkitaan silmämääräisesti ja mittauksin. Kuntotutkimuksessa tarkastetaan valaistuksen toteutus, käytettävyys ja turvallisuus, sekä valaisinten kunto ja mitataan valon määrä ja laatu. Tutkimuksessa tarkastetaan antennijärjestelmien, turva- ja valvontajärjestelmien sekä teletilojen ja -verkon kunto ja dokumentoinnin taso.

Tutkimuskohteessa tehtävien mittausten tarpeellisuus ja mittausten laajuus määräytyvät kohdekohtaisesti. [1, s.125 - 135.]

2.5.2 Kuntotutkimus ja määräaikaistarkastus

Kuntotutkimuksen yhteydessä voidaan suorittaa sähköturvallisuuksäädösten mukainen määräaikaistarkastus. Määräaikaistarkastus vaaditaan tehtäväksi kaikissa julkisissa rakennuksissa sekä liike-, teollisuus- ja maatalousrakennuksissa, joissa pääsulakkeiden koko on yli 35 A.

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksen mukaan asuinkiinteistössä on tehtävä määräaikaistarkastus sille laitteiston osalle, jonka sulakekoko ylittää 35 A.

Tavanomaisesti liike- ja teollisuusrakennusten tarkastusväli on 15 vuotta, se määräytyy laitteistoluokituksen mukaan. Laitteistot jaetaan kolmeen eri luokkaan, jotka esitetään taulukossa 2:

Taulukko 2. Laitteistoluokitukset

Laitteistoluokka	Tarkastuksen kohde tai tila	Tarkastuksen tekijä	Tarkastusväli
Luokka 3	kemikaalilupaa edellyttävät räjähdysvaaralliset tilat verkkoyhtiöiden sähköverkot lääkintätilat, jotka sisältävät leikkaussaleja	valtuutettu laitos valtuutettu laitos tai valtuutettu tarkastaja	5 vuotta
Luokka 2	suurjänniteliittyvät ja yli 1 600 kVA:n pienjänniteliittyvät muut lääkintätilat	valtuutettu laitos tai valtuutettu tarkastaja	10 vuotta
Luokka 1	sähkölaitteisto, jossa sulakekoko ylittää 35 A (muut kuin asuintilat) sekä ilmoituksenvaraiset räjähdysvaaralliset tilat	valtuutettu laitos tai valtuutettu tarkastaja	15 vuotta

Säädös määräaikaistarkastuksesta löytyy Kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksestä sähkölaitteistojen käyttöönnotosta ja käytöstä 5.7.1996/517. [5.]

Määräaikaistarkastus voidaan toteuttaa pistokokein tai muulla soveltuvalla tavalla, jolla saadaan riittävä selvyyttä siitä, että sähkölaitteiston käyttö on turvallista ja laitteistolle on tehty tarvittavat huolto- ja kunnossapitotoimenpiteet. Laitteiston käyttöön ja hoitoon vaadittavat dokumentit sekä välineet ja ohjeet on oltava käytettävissä, ja suunnitelmat sekä dokumentit laitteiston muutos- ja korjaustöistä on oltava saatavilla.

Kohteesta riippuen määräaikaistarkastuksen saa suorittaa valtuutettu laitos tai valtuutettu tarkastaja ja määräaikaistarkastuksesta on tehtävä tarkastuspöytäkirja laitteiston haltijan käyttöön. Tarkastuspöytäkirjasta ilmenee tarkastukseen liittyvät yksityiskohtaiset tiedot ja mahdollisesti havaitut sähköturvallisuuteen liittyvät puutteet. Luokituksesta riippuen tarkastuksesta on tehtävä ilmoitus myös sähköturvallisuusviranomaiselle tai sille jakeluverkon haltijalle, kenen verkon vastuualueelle tarkastettavana ollut sähkölaitteisto kuuluu. Määräaikaistarkastuksessa tarvittavia työvälineitä ovat

- yleismittari
- eristysvastusmittari
- valaistusvoimakkuusmittari
- tehomittari
- pihtiampeerimittari
- oikosulkuvirtamittari
- lämpömittari
- lämpökamera
- keskusten kansien avaimet
- sähkötilojen avaimet
- työkaluja, ruuvimeisseli, taskulamppu, muistiinpanovälineet, kamera.

Lakisääteinen määräaikaistarkastus on hyvä suorittaa muun kuntotutkimuksen yhteydessä, sillä saatuja mittaustuloksia ja tutkimuksia voidaan hyödyntää tehokkaasti yhdessä, eikä samoja asioita tarvitse tutkia useita kertoja. [5, 6.]

2.5.3 Kuntotutkija

Kuntotutkimuksen tekeminen vaatii erityistä ammattitaitoa. Kuntotutkijaksi voidaan päteväksi Henkilö- ja yritysarviointi SETI oy:n myöntämällä pätevyystodistuksella. Kuntotutkijoiden koulutus aloitettiin ympäristöministeriön hankkeesta, jonka tavoitteena oli saada koulutettua päteviä ja valvottuja kuntotutkijoita maahan. Sähkötekninen kuntotutkimus ei suinkaan ole ainoa kuntotutkimuksen ala, vaan koulutusta löytyy myös LVI-järjestelmien kuntotutkijoille sekä rakentamisen alueella tutkimaan rakennusten sisäilmaa, kosteusvaurioita ja julkisivumateriaaleja.

Sähkölaitteiston kuntotutkijan pätevyystodistuksen saannilla on kuitenkin ehtoja. Hakijalla on oltava hyväksytysti suoritettu kolmepäiväinen kuntotutkijakoulutus, aikaisemmin hankittu sähköpätevyystodistus 1 tai 2 sekä hyväksytty todistus alle viisi vuotta sitten hankitusta sähkötyöturvallisuusstandardin SFS 6002 koulutuksesta. Sähkölaitteiston kuntotutkijan pätevyystodistuksen laajuuden määrittää hakijan sähköpätevyystodistus.

Kuntotutkijalle erityisammattitaito on tärkeää, sillä sähköalan ammattilaisen on tunnettava hyvin myös vanhat asennustavat ja vanhanajan rakennustekniikka. Koulutuksen saanut kuntotutkija tuntee oman tietotasonsa ja taitonsa. Kuntotutkija osaa kuntotutkimuksen vaiheet sekä systemaattisen etenemistavan. Kuntotutkijan on tunnettava eri kuntotutkimuslajien pääpiirteet sekä tutkimuksen sisällön vaatimukset.

Koulutuksessa opitaan tuntemaan eri aikakausien asennusmateriaalit ja opitaan tunnistamaan ja käsittelemään ongelmajätteitä, kuten asbesti, PCB ja otsonikerrosta tuhoavia aineita. Kuntotutkija tuntee tutkimuksessa mahdollisesti esiintyvät riskit, erityisesti sähkötyöturvallisuusriskit.

Kuntotutkija osaa toimia tutkimuksen tilaajana ja tekijänä ja esitellä kuntotutkimuksen ja tarvittavat jatkotoimenpiteet tilaajalle perusteluineen. Pätevöitynyt kuntotutkija tuntee elinkaariajattelun merkityksen. Henkilö- ja yritysarviointi SETI Oy pitää rekisteriä kuntotutkijoista ja julkaisee hyväksytyjen kuntotutkijoiden luettelon yhteystietoineen internet-sivustollaan. [7.]

2.5.4 Kuntotutkimuksessa esiintyvät yleisimmät ongelmajätteet

1900-luvun alusta lähtien rakennusmateriaalina on käytetty aineita, jotka luokitellaan nykyään ongelmajätteeksi ja jotkin materiaaleista ovat jopa terveydelle vaarallisia. Näistä materiaaleista yleisimpiä ovat asbesti ja PCB- sekä lyijyvalmisteet. Kuntotutkijan on tiedostettava vanhojen rakennusmateriaalien vaarat, jotta terveyttä uhkaavilta altistuksilta pystyttäisiin välttymään.

Asbesti

Rakennusmateriaalissa asbesti oli suosittua, koska se on palamatonta, omaa hyvät akustiset ominaisuudet ja eristää hyvin lämpöä ja sähköä. Asbestin käyttö rakennusmateriaalina oli yleistä 60- ja 70-luvuilla, mutta sitä on käytetty aina 1920-luvulta lähtien, sillä asbesti oli materiaalina myös edullinen. Asbestin käyttö rakennusmateriaalin ainesosana kiellettiin 1994, joten nykyään siihen törmää lähinnä korjausrakentamisessa ja purkutöissä. Asbestia on käytetty eristeenä katossa ja ilmanvaihtokanavissa, lämpöeristeenä, sementtiin sekoitettuna, lattiamateriaaliin lisättynä, bitumituotteissa sekä laasteissa, maaleissa ja tasoitteissa

Kiinteistön normaalikäytössä asbesti ei aiheuta vaaraa. Ongelmalliseksi asbestin käsittely muodostuu vasta rakenteiden haurastuessa tai rakenteita purettaessa. Tämän vuoksi myös kuntotutkijan on tiedostettava asbestin vaarat, sillä tutkimuksessa saataan joutua rikkomaan rakenteita.

Ennen vuotta 1988 rakennetuissa taloissa on suoritettava asbestikartoitus ennen korjaustöihin ryhtymistä. Asbestityöt ovat luvanvaraisia, niitä saavat tehdä vain pätevyityneet ammattilaiset. Asbestin vaarallisuus aiheutuu sen käsittelyssä ilmaan vapautuvista pölyhiukkasista ja ohuista asbestikuiduista. Hiukkaset ja kuidut päätyvät hengitettäessä keuhkoihin ja kerääntyvät sinne. Pitkäaikaisessa altistuksessa vaarana on sairastua syöpään tai vakaviin keuhkosairauksiin.

PCB ja lyijy

PCB-yhdisteet eli orgaaniset klooriyhdisteet, ovat kuntotutkijan arkea, sillä näitä polykloorattuja bifenyylejä on käytetty laajalti kondensaattorien ja muuntajien öljyissä sekä joissain loisteputkivalaisinten varusteissa.

Uusien PCB:tä sisältävien sähkölaitteiden asentaminen ja käyttöönotto on kielletty 1987 alkaen ja viimeisetkin PCB:tä sisältävät laitteet on suositeltu poistettavaksi käytöstä vuodesta 1995 alkaen. PCB-yhdisteitä ja lyijyä on käytetty paljon myös tiiviste- ja saumausaineissa. Yhdisteiden esiintyminen kiinteistössä voidaan varmistaa laboratorioanalyysin avulla, mutta mikäli yhdisteiden esiintyminen on todennäköistä, kannattaa työ teettää PCB-työnä, sillä laboratoriokustannukset voivat olla melko kalliita ja napata suuren osan korjausbudjetista.

Korjausrakentamisen yhteydessä esiintyvien PCB- ja lyijy-yhdisteiden poistamiseksi ja huomioon ottamiseksi on laadittu toimenpideohjeita Ympäristöministeriössä. PCB-yhdisteet ovat saattaneet pilata myös maa-ainesta rakennuksen lähetyvillä. Lisäksi PCB-yhdisteet on luokiteltu ihmisille todennäköisesti syöpää aiheuttaviksi yhdisteiksi. Altistus on mahdollinen ihokosketuksessa, hengitettäessä tai yhdisteen joutuessa ruuansulatukseen. Pysyvyytensä ja kertyvyytensä takia PCB-yhdisteet ja lyijy ovat myös pahimpia ympäristömyrkkijä. [1, s. 152 - 156; 8.]

2.5.5 Kuntotutkimuksen raportointi

Kuntotutkimuksesta kirjoitetaan raportti, jossa tutkimustulokset esitetään. Tiedot kirjataan raporttiin selkeästi ja yksiselitteisesti, jotta tarvittava tieto löytyy helposti. Kattava kuntotutkimusraportti sisältää kohteen yleis- ja tunnistetietojen lisäksi seuraavat tiedot:

- kuntotutkimuksen tavoitteet ja rajaukset
- tutkittujen ongelmien ja vaurioiden esittely
- käytetyt menetelmät ja niiden tavoitteet
- havainnot, mittaustulokset ja johtopäätökset
- henkilöturvallisuuden riskitekijät
- korjaustoimenpidevaihtoehtojen esittely, arviointi ja karkea arvio kustannuksista
- mahdolliset lisä- ja jatkotutkimustarpeet.

Kuntotutkimusraportin sisältö ja ulkomuoto vaihtelevat tekijä- ja kohdekohtaisesti. Raportin tulee kattaa kokonaisvaltaisesti kuntotutkimuksen sisältö ja tutkimustuloksista tehdyt johtopäätökset. [1, s. 142 - 145.]

3 Sähkön laatu

3.1 Sähkön laatu pienjänniteverkossa

Sähkön laatu tarkoittaa ennen kaikkea sähkön toimitusvarmuutta sekä jännitteen laatua. Standardi SFS-EN 50610 määrittelee sähkön laatua. Standardissa määritellään seuraavia sähkön laadulle ominaisia asioita

- verkkotaajuus
- jännitetason vaihtelut
- nopeat jännitemuutokset
- harmoninen ja epäharmoninen yliaaltojännite
- verkon signaalijännitteet liittämiskohdassa
- käyttökeskeytykset
- jännitekuopat / ylijännitteet
- transienttilylijännitteet.

Jännitteen ominaisuudet voidaan jakaa jatkuviin ilmiöihin ja jännitehäiriöihin. Jatkuvat ilmiöt ovat nimellisarvoista poikkeavia arvoja, joita nimensä mukaisesti esiintyy jatkuvasti. Tavallisesti poikkeamat nimellisarvoista aiheutuvat jonkin tietyn kuormitustyyppin vaikutuksesta, epälinearisista kuormista tai kuormitusten vaihtelusta. Jännitehäiriöt ovat tavallisista käyrämuodoista äkillisesti ja merkittävästi poikkeavia käyrämuotoja. Jännitehäiriöt eivät normaalisti ole ennustettavissa, vaan sattuvat ennalta arvaamattomien tapahtumien esimerkiksi vikojen tai ulkoisten tekijöiden seurauksena.

Ulkoisia tekijöitä voivat olla sääolosuhteet tai kolmannen osapuolen aiheuttamat tapahtumat. Joillekin jatkuville ominaisuuksille on määritelty sallitut raja-arvot. Näitä ominaisuuksia ovat verkkotaajuus, jännitetason vaihtelut, nopeat jännitemuutokset, jakelujännitteen epäsymmetria, verkon signaalijännitteet liittymiskohdassa sekä harmoniset ja epäharmoniset ylijännitteet. Sallitut raja-arvot löytyvät SFS-EN 50160 standardista. Jännitehäiriöille on annettu vain suuntaa antavia raja-arvoja. Raja-arvot löytyvät SFS-EN 50160 -standardin liitteestä B. Pienjänniteverkon nimellijännitteen tulee olla 230 V ja nimellistaajuuden 50 Hz. [9, s. 1 - 15.]

3.2 Sähkönlaatumittaukset

Sähkön laatua voidaan mitata kannettavilla sähkönlaatumittareilla, analysaattoreilla tai häiriötallentimilla. Luotettavan mittaustuloksen saavuttamiseksi mittausajan olisi hyvä kestää reilun viikon verran. Sähkön laadun säännöllinen tarkkailu on järkevää taloudellisten seikkojen sekä laite- ja käyttäjäturvallisuuden takia. Mittaustulosten tarkastelussa voidaan hyödyntää standardin asettamia raja-arvoja.

Yhteiskäyttöverkoissa nimellistaajuuden tulee olla $50 \text{ Hz} \pm 1 \%$, $95,5 \%$ vuodesta ja $50 \text{ Hz} \pm 6 \%$, 100% ajasta. Jännitetasen vaihtelut eivät saa keskeytysjaksoja lukuun ottamatta ylittää $\pm 10 \%$ nimellisjännitteestä. Normaaleissa olosuhteissa yhdenkään yksittäisen harmonisen yliaaltojännitteen 10 minuutin keskimääräinen tehollisarvo ei saa ylittää taulukossa 3 annettua arvoa. Järjestysluvultaan yli 25 harmonisia yliaaltojännitteitä ei huomioida taulukossa 3, sillä resonanssitilanteiden vuoksi ne ovat yleensä hyvin pieniä ja arvaamattomia.

Taulukko 3. Harmonisten yliaaltojännitteiden sallitut arvot liittämiskohdassa järjestyslukuun 25 saakka prosentteina perustaajuisesta jännitteestä u_1 . SFS-EN 50160 s. 12.

Parittomat yliaallot				Parilliset yliaallot	
Kolmella jaottomat		Kolmella jaolliset			
Järjestysluku h	Suhteellinen jännite %	Järjestysluku h	Suhteellinen jännite %	Järjestysluku h	Suhteellinen jännite %
5	6	3	5	2	2
7	5	9	1,5	4	1
11	3,5	15	0,5	6 ... 24	0,5
13	3	21	0,5		
17	2				
19	1,5				
23	1,5				
25					

Epäharmonisten yliaaltojännitteiden tasoja on harkittava tapauskohtaisesti. Taajuusmuuttajat ja muut säätölaitteet kasvattavat epäharmonisten yliaaltojännitteiden tasoja. [9, s. 12.]

4 Sepän koulun kuntotutkimus

4.1 Kiinteistön perustiedot

Sepän koulu kuva 1, on Kirkkonummen Masalassa sijaitseva 1989 valmistunut koulu-rakennus. Koulu on 3-kerroksinen, betonielementtirakenteinen rakennus.



Kuva 1. Sepän koulu, Masala

Kiinteistön perustiedot:

- | | |
|------------------|---|
| • Kohde | Sepän koulu |
| • Rakennustyyppi | H51, yleissivistävien oppilaitosten rakennukset |
| • Rakennusvuosi | 1989 |
| • Rakennuksia | 1 |
| • Kerroksia | 3 |
| • Tilavuus | 23 215 m ³ |
| • Pinta-ala | 5 983 m ² . |

Kiinteistön sähköjärjestelmät ovat pääosin alkuperäisiä, eikä niihin ole tehty korjaus- tai muutostöitä, pieniä laajennustöitä lukuun ottamatta. Koulun sähköpääkeskuksessa sijaitsee nousukeskus. Nousukeskukselle sähkönsyöttö tulee viereisen koulun sähkötilasta, jossa sähköpääkeskus sijaitsee. Sepän koulun sähkötilasta, nousukeskukselta, sähkö on jaettu eteenpäin muille keskuksille.

Kiinteistön sähkönjakelujärjestelmä on viisijohdinjärjestelmän eli TN-S-järjestelmän mukainen. TN-S-järjestelmässä maadoitukset tehdään erillistä suojajohdinta käyttämällä. Kiinteistön kaikki pistorasiat ovat maadoitettuja, mutta vikavirtasuojauksia niissä ei juuri ole opetuskeittiön ja teknisen työn luokan pistorasioita lukuun ottamatta. Vuonna 2011 tehdyssä kuntoarviossa kiinteistön sähköjärjestelmät todettiin pääosin toimintakuntoisiksi, eikä välitöntä korjaustarvetta ilmennyt.

4.2 Kiinteistön sähköjärjestelmät

4.2.1 H1 - alue sähköistys

H11 - aluevalaistus. Kiinteistön aluevalaistuksena toimivat piha-alueen pylväsvalaisimet sekä valaisimet katoksissa ja sisäänkäynneissä. Katoksen ja sisäänkäyntien valaisimissa valonlähteenä käytetään pienoisputkiloistelamppuja ja pylväsvalaisimissa elohopeahöyrylamppuja. Aluevalaisimet ovat pääsääntöisesti hyväkuntoisia ja niitä on huollettu tarpeen vaatiessa. Valaistustasot ulkoalueilla ovat riittäviä. Tulevia huolto- ja korjaustoimenpiteitä ovat valaisinten kupujen puhdistus valotehon säilyttämiseksi, jonka lisäksi rikkoutuneet tai puuttuvat valaisinkuvut tulee uusia tarvittaessa. Valaisimissa olisi hyvä käyttää kestäviä kupuja ilkivallan ehkäisemiseksi. Katosten valaisimissa olisi hyvä käyttää energiansäästölamppuja, jotka kestävät kovaakin pakkasta ilman valotehon menetystä. Elohopeahöyrylamput ovat poistumassa markkinoilta, joten pylväsvalaisimissa on tulevaisuudessa käytettävä muita valonlähteitä.

H12 - hämäräkytkimet ja kello-ohjaukset. Ulkovalaistusta ohjataan hämäräkytkimellä ja kellokytkimellä, kuntoarviossa tehtyjen havaintojen mukaan järjestelmä on toimintakuntoinen. Se on myös energiataloudellinen ja suositeltu tapa ulkovalaistuksen ohjauksen toteutukseen. Aika-asetukset on hyvä tarkistaa säännöllisesti ja valoisuusanturit on puhdistettava riittävän usein energiatehokkuuden takaamiseksi.

4.2.2 H2 - kytkinlaitokset ja jakokeskukset

H22 - jakokeskukset alle 1 000 V. Sähköpääkeskustilan nousukeskuksessa on kahvasulakelähdöt kiinteistön jakokeskuksille. Piirustusten mukaan nousukeskuksen pääsulakkeet ovat 3 x 200/250 A. Sähköjärjestelmien laajennuksessa, vuonna 2002, nousukeskusta laajennettiin ja siihen asennettiin lisäosa. Sähkönsyöttö kiinteistöön tulee viereisen koulun sähköpääkeskukselta, joka esitetään kuvassa 2. Kiinteistön jakokeskukset on sijoitettu lukittuihin komeroihin eri puolille kiinteistöä. Keskukset ovat hyvässä kunnossa ja laajennusvaraa riittää. Keskusten sähköpiirustuksissa on hieman puutteita ja osa piirustuksista puuttuu. Keskukset ja sähkötilat tulee pitää siisteinä ja puhtaina turvallisuuden takaamiseksi.

H23 - kompensointiparisto. Sähköpääkeskustilassa on Nokia Capacitorsin 400 V:n nimellijännitteinen kondensaattoriparisto loistehon kompensointiin. Kondensaattoripariston teho on 150 kvar ja paristo on varustettu K205 loistehonsäätimellä. Kompensointiparisto oli kuntoarvion havaintojen mukaan toimintakuntoinen. Toimintakuntoa tulee tarkistaa säännöllisesti.



Kuva 2. Pääkeskus

4.2.3 H3 - johtotiet

H31 - kaapelihyllyt ja ripustuskiskot. Kiinteistön kaapelit kulkevat pääasiassa kaapelihyllyillä ja alaslaskettujen kattojen välissä. Kuvassa 3 esitetään tyypillinen kaapelihylly-asennus. Luokkatiloissa kaapelointireitteinä toimivat myös valaisinripustuskiskot ja rakenteiden sisässä kulkevat putket. Kaapelihyllyjen ja ripustuskiskojen kunto on hyvä ja laajennusvaraa on. Irronneet ja löystyneet kiinnitykset on syytä korjata pikaisesti ja käytöstä poistettujen laitteiden kaapelit tulee poistaa johtoreiteiltä.

H32 - johtokanavat ja sähkölistat. Kiinteistöön on asennettu johtokanavia ja sähkölistoja. Johtokanavia voidaan asentaa lisää tietotekniikan kaapelointitarpeiden lisääntyessä.

H33 - kaapeliläpiviennit. Kaapeliläpivientejä tehtäessä on otettava huomioon paloturvallisuuden vaatimuksia. Paloteknisen luokituksen tulee säilyä palo-osastoitavia rakenteita lävistettäessä. Kuntoarviossa oli havaittu, että kaikkia kohteen läpivientejä ei ole tukittu. Läpivientiaukot on tiivistettävä paloturvallisiksi ja määräysten mukaisiksi. Tulevien muutostarpeiden toteuttamiseksi kaapeliläpivientejä voidaan joutua lisäämään ja laajentamaan.



Kuva 3. Kaapelihyllyasennus

4.2.4 H4 - johdot ja niiden varusteet

H41 - liittymisjohdot. Piirustusten mukaan kiinteistön nousukeskus on liitetty kahdella kaapelilla Fortum Espoon Distribution OY:n pienjänniteverkkoon. Nousukaapelit Sepän koulun pääkeskukselle viereiseltä koululta ovat tyypiltään AMCMK 3x185+95/56 alumiinijohtimisia PVC-eristeisiä pienjännitemaakaapeleita. Nousukaapelit on asennettu maakaapeleina nousukeskukselta pääkeskustilaan. Liittymiskaapelien laskennallinen käyttöikä on 50 vuotta, mutta hyvissä olosuhteissa kaapelit kestävät pidempäänkin. Kuntoarviossa kiinteistön nousu- ja liittymiskaapelit vaikuttivat näkyviltä osiltaan hyväkuntoisilta. Liittymiskaapelien tarkistus tulee suorittaa säännöllisesti ja tarkistuksen suorittaa sähköjakeluverkon haltija.

H42 - maadoitukset ja potentiaalintasaukset. Kiinteistön maadoituksista on olemassa maadoituskaavio. Kiinteistön sähkötilassa on maadoituskisko, joka on yhdistetty pääkeskushuoneen sähkötilassa olevaan maadoituskiskoon 35 mm²:n kupariköydellä. Kiinteistön puhelin-, antenni- ja putkimaadoitukset on myös liitetty maadoituskiskoon. Pistorasiamaadoitukset on tehty nykysuositusten mukaisesti TN-S-järjestelmän mukaisesti, käyttämällä erillisellä suojajohtimella varustettuja kaapeleita. Maadoituskiskoon liitettyjen johtimien merkkauksissa oli havaittu puutteita kuntoarvion yhteydessä. Johtimet olisi hyvä merkitä esimerkiksi johdinpantoja käyttäen. Maadoitusten riittävyys on tarkistettava mittaamalla muutostöitä tehtäessä.

Maadoituksen pääasiallinen tarkoitus on suojata ja ehkäistä vaarallisten kosketusjännitteiden syntyminen vikatilanteissa. Maadoituksen avulla taataan vikavirroille turvallinen reitti ja samalla varmistetaan suojalaitteiden nopea toiminta. Maadoitukseen kuuluu myös potentiaalintasausjärjestelmä, jossa sähkölaitteistoon kuulumattomat johtavat osat liitetään maadoitusjärjestelmään potentiaalierojen syntymisen estämiseksi. Potentiaalintasauksessa esimerkiksi putkistot, ilmastointikanavat, kaapelihyllyt ja muut johtavat osat liitetään maadoituskiskoon potentiaalintasausjohtimien avulla.

H43 - kytkinlaitosten ja jakokeskusten väliset johdot. Nousujohdot ovat viisijohdinjärjestelmän mukaisia kolmivaiheisia kaapeleita. Kaapelit kulkevat kaapelihyllyillä ja johtokanavissa. Nousukaapelit ovat pääasiassa AMCMK-kaapeleita, mutta keskusten väliset ohjausjohdot ovat MMO- ja MCMO-kaapeleita. Kuntoarviossa ei havaittu ylikuormituksia, eikä normaalista poikkeavia lämpenemisiä, mutta suurempien muutostöiden yhteydessä kaapeleiden kuormitus ja riittävyys on tarkistettava.

H44 - voimaryhmäjohdot. Kiinteistössä voimaryhmäjohtoja löytyy LVI-laitteiden ja moottoreiden syöttökaapeleista, suurkeittilaitteiden syöttökaapeleista ja voimapistorasioista ja teknisen työn luokan laitteiden syöttökaapeleista ja voimapistorasioista. Kaapelityypit voimaryhmäjohtoille ovat pääasiassa MMJ-, MCMK-, ja VSB-typin kaapeleita. Kuntoarviossa voimaryhmäjohdot vaikuttivat hyväkuntoisilta, mutta erikoisolosuhteissa käytettäviä voimaryhmäjohtoja tulee tarkastaa säännöllisesti mahdollisten vikojen ja vaurioiden havaitsemiseksi. Kuvassa 4 on havaittavissa tiivisteiden irtoaminen, mikä vuoksi kaapelin liitoskohta altistuu esimerkiksi pölylle.



Kuva 4. Irronnut tiiviste

H45 - valaistusryhmäjohdot. Kiinteistön valaistusryhmäjohtoihin kuuluvat valaistuksen ja sähkökalusteiden, kuten kytkinten ja pistorasioiden kaapeloinnit. Valaistusryhmäjohtot on asennettu kaapelihyllyille, valaisinripustuskiskoille, johtokouruihin sekä putkeen rakenteen sisään. Alkuperäiset sähkökalusteet ovat yleensä asennettu uppoasennuksena, jolloin kaapelit kulkevat putkitettuna rakenteen sisällä. Lisäksiä tehtäessä kaapeleita asennetaan usein pinta-asennuksena, esimerkiksi johtokouruihin.

Kuntoarviossa näkyvät sähkökalusteet ja kaapelit olivat hyväkuntoisia. Jos sähkökalusteet rikkoutuvat tai kiinnitykset irtoavat, tulee ne korjata välittömästi. Tulevissa isommissa sähkösaneerauksissa vikavirtasuojamattomat pistorasiat voidaan varustaa vikavirtasuojakytkimin.

4.2.5 H5 - valaisimet

H51 - valaisimet. Käytävillä ja luokkatiloissa on käytetty pääasiallisesti loisteputkivalaisimia, rakenteisiin tai ripustuskiskolle asennettuina. Kuvassa 5 on näkyvillä rakenteeseen asennetut käytävävalaisimet. Muissa tiloissa on valaisimia, joissa käytetään nykysuositusten mukaisesti energiansäästölamppuja. Valaisimet näyttivät kuntotarkastuksessa hyväkuntoisilta ja valaistuksen taso riittävältä. Valaisinten keskimääräinen käyttöikä on 20 - 25 vuotta, huoltotöitä on muistettava suorittaa tarpeen mukaan. Valaisinten kuvut on puhdistettava säännöllisesti esimerkiksi lampunvaihdon yhteydessä. Loisteputkivalaisinten kuristimia joudutaan välillä uusimaan vanhojen rikkoutuessa.



Kuva 5. Perinteinen loisteputkilla toteutettu käytävävalaistus

4.2.6 H6 - lämmittimet, kojeet ja laitteet

H61 - sähkölämmittimet. Koulukiinteistössä pääasiallisena lämmitysmuotona ei ole käytetty sähkölämmittimiä, vaan vesikiertoista lämmitysjärjestelmää. Sähkölämmittimiä tai sähköisiä lattialämmityksiä ei ole havaittu kuntoarviota tehtäessä.

H62 - kojeet ja laitteet. Kiinteistön IV-konehuone löytyy rakennuksen ullakolta. IV-konehuoneeseen on sijoitettu ilmanvaihtokoneita syöttävä sähkökeskus, sekä Siemenin valmistaman prosessoriyksikön sisältävä valvonta-alakeskus. Kiinteistössä on tulo- ja poistoilmajärjestelmä. Kuntoarviossa LVI-koneiden sähköjärjestelmät olivat kunnossa ja katolla sijaitsevat huippuimurit oli varustettu asianmukaisilla huoltokytkimillä. Kojien ja laitteiden turvakytkimet sekä moottorisuojakytkimet on tarkastettava ja koestettava säännöllisesti.

H62.1 - suurkeittiölaitteet. Kiinteistön keittiössä on suurkeittiölaitteita. Laitteita on huollettu ja vaihdettu tarpeen vaatiessa. Laitteille on tehtävä huoltotoimenpiteitä laitevalmistajan ohjeiden mukaisesti.

H62.2 - taajuusmuuttajat. IV-konehuoneessa on uudehko Vaconin taajuusmuuttaja säätelemässä IV-koneiden pyörimisnopeutta. Taajuusmuuttaja esitetään kuvassa 6. Taajuusmuuttajalle tehdään huoltotoimenpiteitä IV-koneiden huollon yhteydessä.



Kuva 6. IV-konehuoneen taajuusmuuttaja

4.2.7 H7 - erityisjärjestelmät

H74 - turvavalaistusjärjestelmät. Sepän koulun kiinteistöön on asennettu turva- ja poistumistievalaistusjärjestelmä. Järjestelmää syötetään sähköpääkeskushuoneeseen sijoitetusta Esmi Eslux -turvavalaistuskeskuksesta. Turvavalaistuskeskuksen vieressä, erillisessä kotelossa, on 2 x 12 V:n akut järjestelmää varten. Turvavalojen valonlähteenä on hehkulamppuja. Kuntotarkastuksessa todettiin, että valaisimet olivat toimintakuntoisia. Valaisinten kuvut olivat kunnossa, eikä palaneita polttimoita havaittu. Määräysten mukaan turvavalaistusjärjestelmä on koestettava kerran kuukaudessa. On tärkeää, että kaikki valaisimet ovat kunnossa, jotta koestus antaa todellisen kuvan akkujen kunnosta. Koko järjestelmän toiminta olisi hyvä testata kerran vuodessa, jotta järjestelmän toimintakunto akkukäytöllä, täydellä kuormalla, järjestelmän nimelliskeston ajan tulisi tarkastettua. Tulevissa sähköremonteissa voisi harkita hehkulamppujen vaihtamista energiatehokkaampiin led-lamppuihin.

H75 - näyttämöjärjestelmät. Kiinteistössä on juhlasali, joka on varustettu näyttämöjärjestelmällä. Juhlasalin näyttämön lava on varustettu nostomootorilla, valkokankaalla ja esiripulla. Järjestelmiä ohjataan lavan viereen asennetulta ohjauskeskuksesta, josta ohjataan myös salin koritelineitä, verhoja, salin valaistusta ja ilmastointia. Järjestelmien toiminnassa ei ole havaittu puutteita.

4.2.8 J - tietojärjestelmät

J1 - puhelinjärjestelmät. J11 - yleiseen puhelinverkkoon liitetyt puhelinjärjestelmät. Kiinteistön puhelinjärjestelmä on liitetty Elisa Oyj:n lankapuhelinverkkoon. Kiinteistön puhelinjärjestelmän talokaapeli on tuotu viereisen koulun sähköpääkeskustilasta. Puhelinjärjestelmän kaapelointi on toteutettu MHS-kaapeloinnilla. Puhelinverkko on alkuperäiskunnossa kiinteistön rakennusajalta. Puhelinjärjestelmän toiminnassa ei ole havaittu puutteita ja se täyttää kiinteistön tarpeet.

J12 - pikapuhelinjärjestelmät. Kiinteistöön on aikoinaan asennettu kiinteistön sisäinen pikapuhelinjärjestelmä, joka sijaitsee opetustiloissa ja opettajainhuoneessa. Järjestelmän ristikytkentäteline sijaitsee opettajainhuoneen yhteydessä ja järjestelmän keskuslaitteisto viereisessä koulussa, joka kuuluu myös verkkoon. Pikapuhelinjärjestelmä ei ole enää käytössä, eikä toimintakuntoinen. Järjestelmän korjaamiseen ei välttämättä löydy enää varaosia ja korjaaminen olisi kallista.

Mikäli järjestelmää ei enää haluta kunnostaa käyttöön, käytöstä pois jääneet laitteet ja kaapeloinnit kannattaa poistaa tulevien remonttien yhteydessä.

J2 - antennijärjestelmät. J21 - yhteisantenni- ja satelliittiantennijärjestelmät. Kiinteistön yhteisantennijärjestelmän pääantennivahvistin sijaitsee sähköpääkeskustilassa. Antenniverkon piirustuksia ei löydetty kuntoarvion yhteydessä, joten verkon rakenteesta ei ollut raportissa tarkempaa tietoa. Opetusluokissa antennipisteet oli sijoitettu erilliseen komeroon, kuten muutkin telepistorasiat. Antenniverkon toiminnassa ei ole tiettävästi havaittu häiriöitä ja laitteistoa on osin uusittu. Laajennustarpeita kannattaa kartoittaa tulevien muutostöiden yhteydessä jolloin järjestelmän voisi uusida nykyaikaisemmaksi tähtiverkoksi, nykyinen verkko on oletettavasti kaapeloitu ketjutetusti.

J3 - äänentoisto- ja merkinantojärjestelmät. J31 - yleinen äänentoistojärjestelmä. Kiinteistön äänentoistojärjestelmä kattaa opetustilat, yleiset tilat sekä ulkoalueet. Äänentoistokeskus on sijoitettu opettajainhuoneen läheisyyteen. Järjestelmän toiminnassa ei ole ilmoitettu puutteita.

J33 - ajannäyttöjärjestelmä. Kiinteistö on varustettu Esmi valmistamalla keskuskellojärjestelmällä. Keskuskellojärjestelmän kellokeskus vara-akkuineen on sijoitettu sähköpääkeskustilaan. Kuntoarvion havaintojen mukaan keskuskellojärjestelmä oli toimintakuntoinen.

J34 - AV-järjestelmät. Kiinteistössä on tekniikaltaan vanhanaikainen, mutta toimintakuntoinen audiovisuaalijärjestelmä. Järjestelmän keskuslaitteet sijaitsevat opettajainhuoneen yhteydessä.

J4 - kiinteistön atk-järjestelmät. J41 - kiinteistön atk-verkot. Kiinteistössä on yleiskaapelointiverkko, joka mahdollistaa nopean laajakaistaverkon saatavuuden kiinteistön opetustiloissa ja työpisteillä. Verkon ristikytkentäteline sijaitsee opettajainhuoneen yhteydessä. Yleiskaapelointiverkon kaapelointi on toteutettu kategorian 5 ja 6 kaapeleilla. Verkon ATK-pisteet on asennettu johtokanaviin ja pinta-asennuksena telekaappien yhteyteen. Yleiskaapelointiverkko on toimintakuntoinen, mutta laajennustarpeita tulee kartoittaa, sillä verkko ei kata kaikkia alueita, jossa verkkoa tulevaisuudessa voitaisiin tarvita.

J5 - turva- ja valvontajärjestelmät. J51 - paloilmoitinjärjestelmät. Kiinteistössä ei ole sähköverkkoon liitettyä paloilmaisinjärjestelmää, vaan paloilmoitus on toteutettu paristokäyttöisin palovaroittimin. Automaattisen paloilmaisinjärjestelmän asentaminen on suositeltavaa paloturvallisuuden parantamiseksi.

J52 - rikosilmoitusjärjestelmät. Kiinteistössä on alkuperäinen rikosilmoitinjärjestelmä. Rikosilmoitusjärjestelmän lisäksi joitain kiinteistön tiloja on varustettu liikeilmaisimilla. Järjestelmän toiminnassa ei ole havaittu häiriöitä.

J53 - videovalvontajärjestelmät. Videovalvontajärjestelmää kiinteistössä ei ole. Ulkoalueilla on valvontakameroita, jotka eivät ole toimintakunnossa. Videovalvontajärjestelmä olisi hyvä asentaa koulukiinteistöissä tapahtuvan ilkivallan vuoksi.

J6 - rakennusautomaatiojärjestelmät. J61 - valvomolaitteet. IV-konehuoneessa ja lämmönjakohuoneessa on vuonna 2008 uusittu valvontajärjestelmän alakeskus. Keskus on uudehko ja toimintakuntoinen.

J62 - säätö- ja alakeskukset. Valvonta-alakeskukseen on liitetty käyttöveden, ilmanvaihdon ja lämmityksen mittaus-, säätö-, ohjaus-, ja hälytystoiminnot. Säätölaitteiden energiataloudellinen käyttöikä on noin 15 - 20 vuotta. Mikäli kiinteistössä on toimimattomia säätölaitteita, ne lisäävät rakennuksen energiankulutusta ja voivat vaikuttaa rakennuksen käyttömukavuuteen, esimerkiksi väärin lämpötilatasojen vuoksi. [10.]

4.3 Kuntotutkimusmittaukset

Aistinvaraisten arvioiden ja järjestelmien koestusten lisäksi kohteessa tehtiin kuntotutkimusmittauksia pistokoeluntuoisesti. Tehtävät mittaukset valitaan tutkittavan kohteen ja sen sähkölaitteiston tarpeiden mukaisesti. Sepän koulussa tehdyt tutkimukset toteutettiin rakenteita rikkomatta.

4.3.1 Sepän koulussa suoritettuja mittauksia

Sepän koulussa suoritettiin seuraavia mittauksia:

- oikosulkuvirtojen mittaus
- suojaohjimien jatkuvuuden mittaus
- huippu- ja keskitehojen mittaus
- sähkönlaatumittaus
- jännite- ja virtamittaus
- vikavirtasuojakytkinten toiminta-aikojen mittaus
- lämpötilojen mittaus
- lämpökuvaus.

Mittauksia tehtiin pistokoeluontoisesti kiinteistön sähkölaitteiston eri osiin.

4.3.2 Mittarit ja mittausapuvälineet

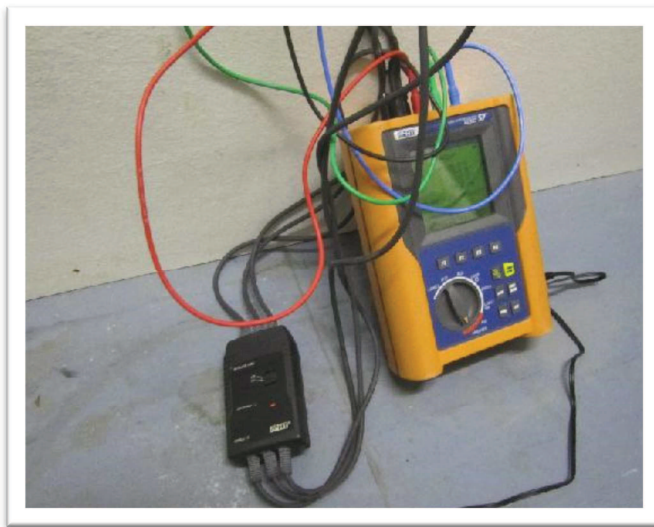
Mittauksissa käytettiin seuraavia mittareita ja apuvälineitä:

- asennustesteri
- sähkönlaatumittari
- lämpömittari
- lämpökamera
- keskusten kansien avaimet
- sähkötilojen avaimet
- työkaluja, ruuvimeisseli, taskulamppu, muistiinpanovälineet, kamera.

Mittarit esitellään tarkemmin kappaleissa 4.3.3 – 4.3.5.

4.3.3 Sähkön laadun mittaus

Sähkön laatua mitattiin HT-Italia GSC 57 sähkönlaatumittarilla kuva 7. Sähkönlaatumittarilla voidaan suorittaa yksi- ja kolmivaiheverkon sähkön laadun analyysi, suorittaa asennusmittauksia sekä mitata ympäristöparametreja ja verkon häiriöitä. Mittaus suoritettiin liittämällä mittari kohteen pääkeskukseen mittaamaan Sepän koulun nousujohtokeskuksen arvoja. Mittari jätettiin keräämään tietoja viikonlopun yli, perjantai-aamusta maanantai-aamuun. GSC 57 sähkönlaatumittari tallensi mittaustuloksia minuutin välein ja tulokset tallentuvat laitteen muistiin.



Kuva 7.

Laitteelta tiedot voidaan purkaa tietokoneelle, josta tulokset ovat luettavissa HT-Italian oman Topview-ohjelman avulla. Ohjelma mahdollistaa mittaustulosten siirtämisen taulukkolaskentaohjelmaan. Lisäksi ohjelma antaa laajakirjoisesti tietoa mittaustuloksista taulukoiden ja graafisten esitysten muodossa, joihin parametreja voidaan itse säädellä.

Topview esittää jännitteen keskiarvot, vaihekohtaiset arvot sekä taajuuden, sekä niiden maksimi- ja minimiarvot. Virtamittauksesta pystytään lukemaan nollavirran sekä vaihevirtojen maksimi- ja minimiarvot sekä keskiarvot. Tehomittaus antaa tulokset pätöteholle, näennäisteholle sekä loisteholle. Tehokertoimet kapasitiiviselle ja induktiiviselle kuormalle sekä vaihekohtaiset $\cos\Phi$ -arvot. Myös tehomittauksesta on luettavissa vaihekohtaiset tulokset ja niiden maksimi- ja minimiarvot, sekä keskiarvot. Sähkölaatumittari mittaa myös virran ja jännitteen harmoniset aallot ja ilmaisee THD-luvut. [11.]

4.3.4 Lämpökuvaus ja lämpötilojen mittaus

Lämpökuvaus suoritettiin Fluke Ti20 –lämpökameralla. Lämpökamera esitetään kuvassa 8. Lämpökamera on kevyt ja ergonomisesti muotoiltu kamera, jolla voidaan kuvata tarkkoja lämpökuvia ja radiometrisiä arvoja helposti ja nopeasti. Lämpökamera muuttaa kuvattavan kohteen säteilyn lämpötilaksi. Kameraa voidaan käyttää jopa 350 °C:n lämpötilassa.

Lämpökuvauksen avulla voidaan tutkia sähkölaitteiston kuntoa ja saadaan selville, mikäli sähköjärjestelmän osissa on ylikuormitusta, viallisia kalusteita tai huonoja liitoksia. Lämpökuvaus on helppo tapa tutkia laitteiston kuntoa, koska rakenteita ei tarvitse purkaa.



Kuva 8. Fluke Ti20 -lämpökamera

Kameran muistiin mahtuu 50 kuvatiedostoa. Lämpökamerasta tiedostot puretaan tietokoneelle InsideIR -ohjelman avulla. Ohjelma antaa kuvien lisäksi lämpötilakäyrien graafisen esityksen ja tarkat lämpötilatiedot kuvan pisteistä, joten kuvia on erittäin helppo tulkita. [12.]

Lämpötilan nousu on usein ensimmäisiä sähkölaitteiston tai sen osan ongelmasta varoittavia merkkejä. Havaittavia ongelmia voivat olla esimerkiksi löystyneet tai likaiset liitokset, vioittuneet muuntajan käämit tai jotkin muu lämmön nousua aiheuttavat syyt. Lämpötilan nousu on helppo havaita mittauksen avulla. Kun lämpötilan nousun syy selvitetään ajoissa, voidaan välttyä suuremmilta ongelmilta. Lämpötilan nousuun sähkölaitteistoissa tulee aina kiinnittää huomiota, sillä kohonnut lämpötila lyhentää sähkölaitteiston komponenttien elinikää.



Kuva 9. Fluke 62 mini-infrapunamittari

Lämpötilan mittaaminen infrapunamittarilla on turvallista, koska se voidaan tehdä pienen välimatkan päästä. Fluke 62 mini-infrapunamittari on pieni, kevyt ja helppokäyttöinen. Mittarilla osoitetaan mitattavaa kohdetta, painetaan mittausnappia ja lämpötila on heti luettavissa mittalaitteen näytöltä. Infrapunamittarilla voidaan mitata lämpötiloja -30 °C:sta jopa +500 °C:een.

Fluke 62 mini-infrapunamittarilla kuva 9, saadaan nopeasti selville jonkin tietyn osan lämpötila osoittamalla mittarin infrapunakohdistin mitattavaan osaan, esimerkiksi keskuksessa sijaitsevaan liitokseen. Lämpötilaero saadaan helposti selville, kun tehdään toinen mittaus kohteen viereen ja verrataan lämpötiloja toisiinsa. [13.]

4.3.5 Mittaukset asennustesterillä

Unitest Telaris 0100 plus -asennustesterillä mitattiin erinäisiä arvoja pistokoeluoontoisesti Sepän koulun teknisen työn luokassa sijaitsevista laitteista. Asennustesterin tärkeimpiä ominaisuuksia ovat silmukkavastuksen ja oikosulkuvirran mittaus ilman RCD/FI:n laukaisua, verkon sisävastusmittaus 440 V:iin saakka, oikosulkuvirtamittaus, RCD/FI-mittaus, kosketusjännite, laukaisuaika ja laukaisuvirta nousevalla virralla, pienohmimittaus, eristysmittaus, jännitteen ja taajuuden mittaus sekä kiertokentän tarkastus. Lisäksi asennustesterissä on integroitu kosketuselektrodien avulla tehtävä pistorasioiden testaustoiminto, joka ilmaisee väärinkytkeytyt pistorasiat ja havaitsee suojajohdinten puuttumisen. Asennustesteri esitetään kuvassa 10.



Kuva 10. Asennustesteri Unitest telaris 0100 plus

Mittarissa on suuri ja selkälukuinen näyttö. Laitteen 500:n mittausarvon muistipaikka mahdollistaa laajan mittauksen suorittamisen. Mittaustulokset voidaan siirtää tietokoneelle ja tulostaa suoraan mittauspöytäkirjaan. [14.]

5 Yhteenveto

5.1 Sähkönlaatumittauksen tulokset

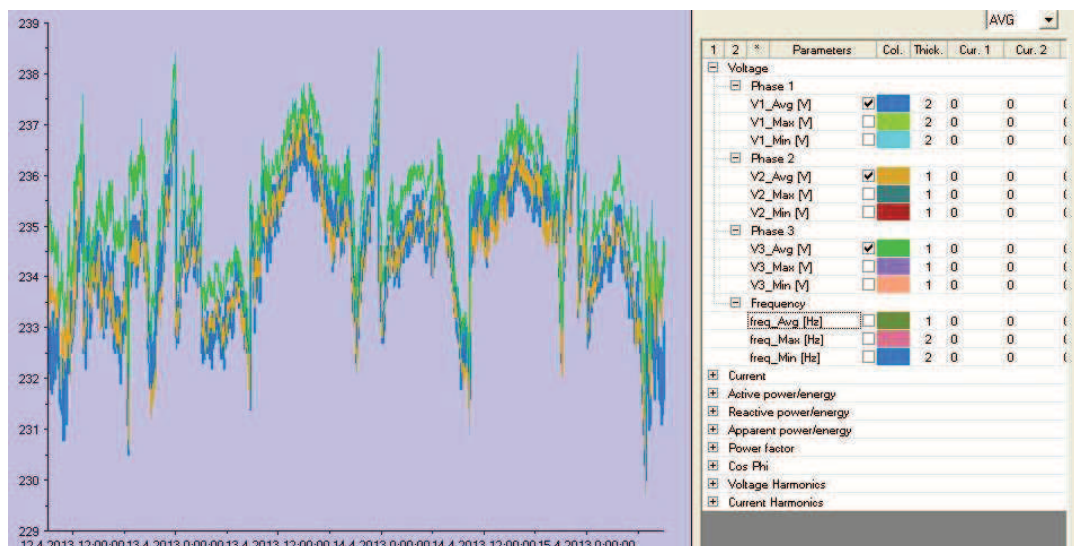
Sähkönlaatumittauksessa ei esiintynyt sähkön laadun standardin määrittelemistä raja-arvoista poikkeavia tuloksia.

Anomalies	Vnom [V]	Lower limit	Higher limit	VT ratio	Phase sel	Type sele
3	230	10	6	1	All	All

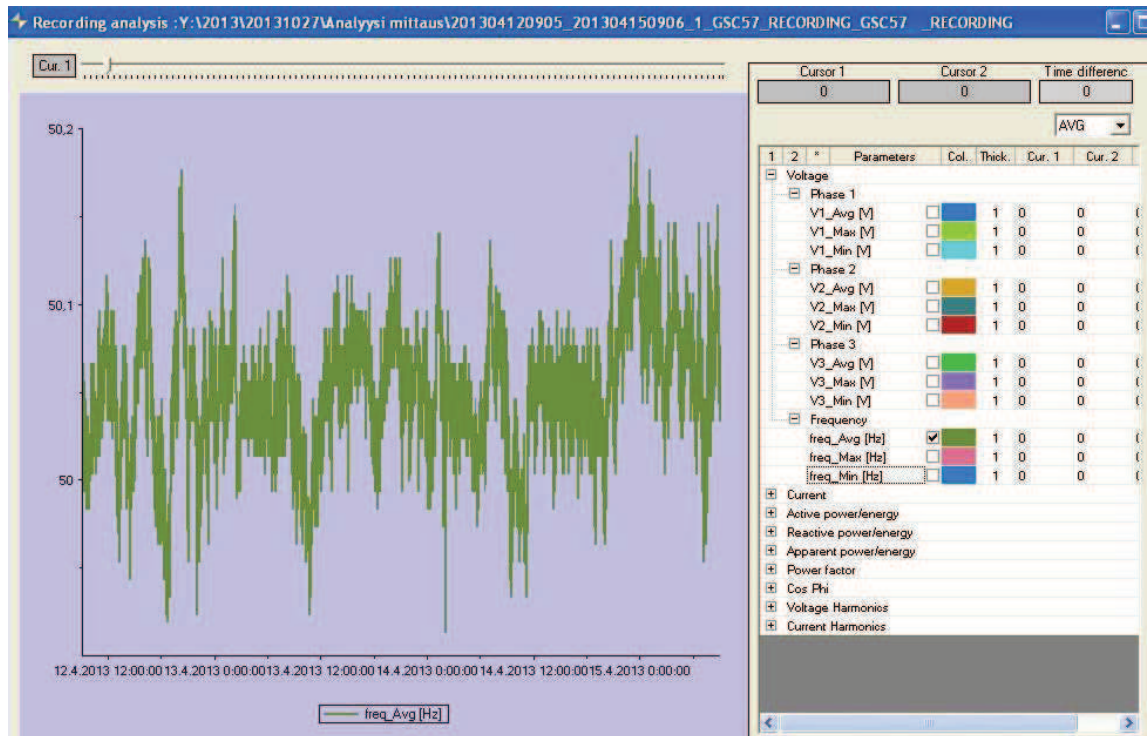
	Phase	Type	Date and time	Length [s]	Peak
1	3	Swell	13.4.2013 8:43:39.51	00.63	243,00
2	1	Swell	13.4.2013 17:16:16.78	00.03	244,03
3	3	Swell	14.4.2013 11:22:46.26	02.95	245,09

Kuva 11. Poikkeavuuksia jännitteen mittauksessa

Kuten kuvassa 11 on esitetty, korkein mitattu jännite mittausjaksolla oli 245,09 V. Poikkeuksellisia jännitepiikkejä tai jännitteen alenemia ei esiintynyt. Kuvassa 12 esitetään jännitteen vaihteittaisia keskiarvoja. Jännitetason vaihtelut eivät ylitä standardin määrittämää $\pm 10\%$ nimellisjännitteestä.

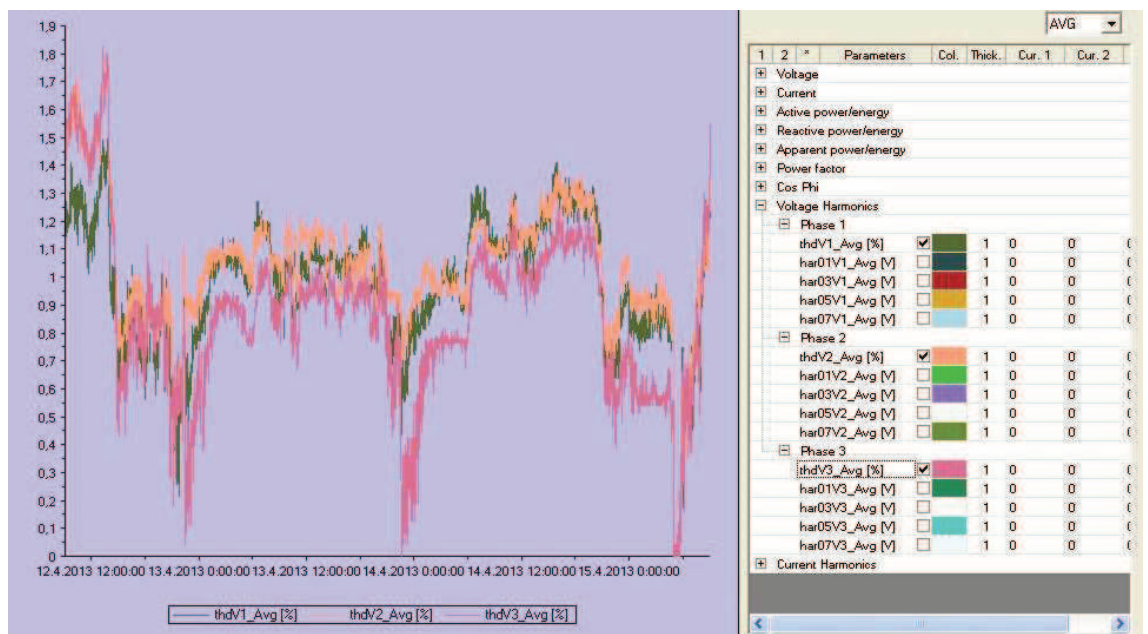


Kuva 12. Jännitteen keskiarvoja vaihteittain



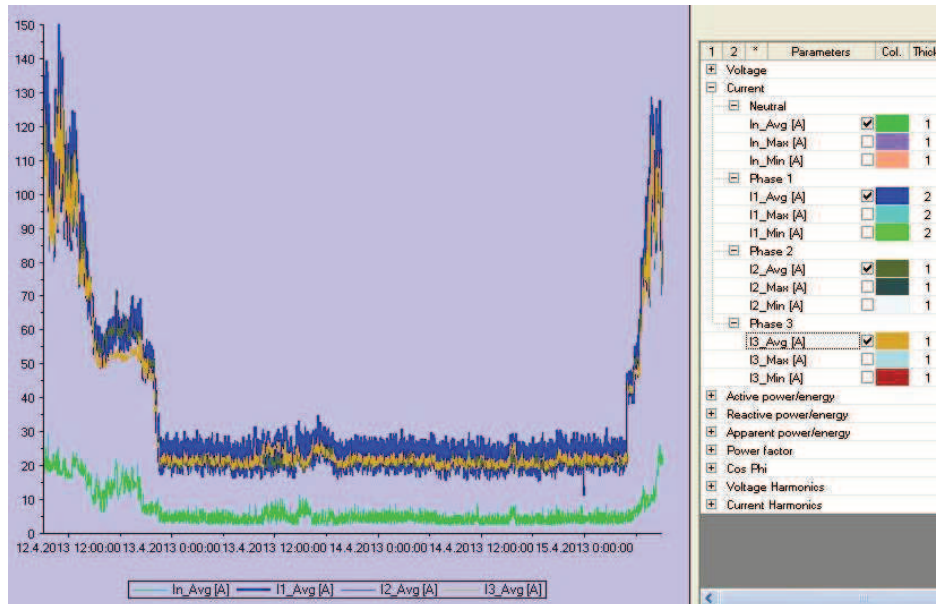
Kuva 13. Taajuuden keskiarvot

Standardin EN 50160 mukaisesti nimellistaajuuden tulee olla $50 \text{ Hz} \pm 1 \%$, 95,5 % ajasta ja $50 \text{ Hz} \pm 6 \%$, 100 % ajasta. Kuvassa 13 esitetään taajuudelle mitattuja arvoja välillä 49,9...50,2 Hz. Tulokset eivät ylitä standardin määrittelemää $\pm 1 \%$:n rajaa.



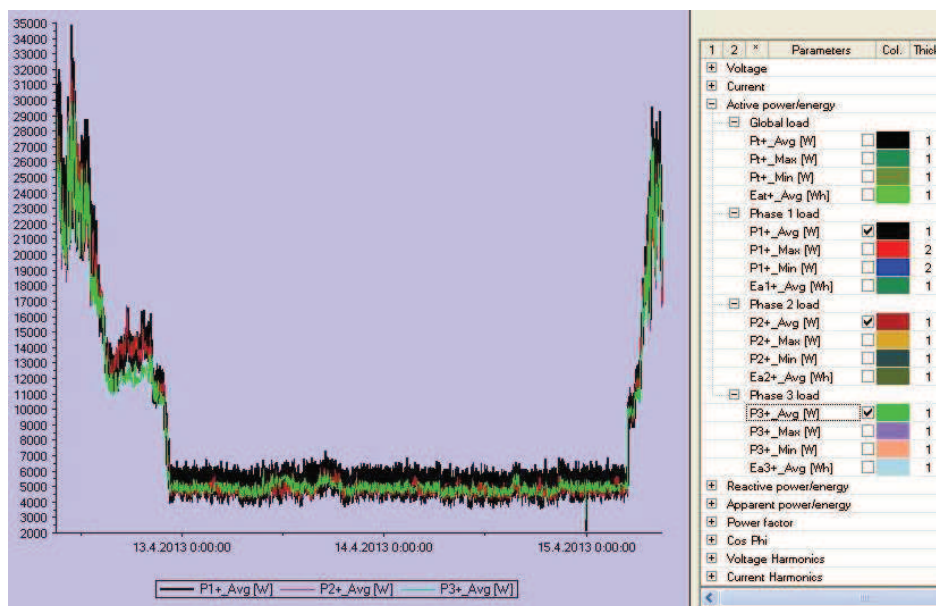
Kuva 14. Harmoniset kokonaissäröt UTHD

Kuvassa 14 (ks. ed. s.) on esitetty mittausjaksolla esiintyneet harmoniset kokonaissä-
röt. U_{THD} :n arvoja mitattiin välillä 0...1,9 % nimellisjännitteestä, kun jännitteessä esiintyi
kolmannen, viidennen ja seitsemännen kertaluvun harmonisia yliaaltojännitteitä.



Kuva 15. Virtamittaus

Normaalista poikkeavia virta-arvoja kuvassa 15, tai tehoarvoja kuvassa 16 ei esiintynyt.
Kuvissa näkyvä virran ja tehon lasku johtuu siitä, että koulu oli viikonlopun suljettuna.



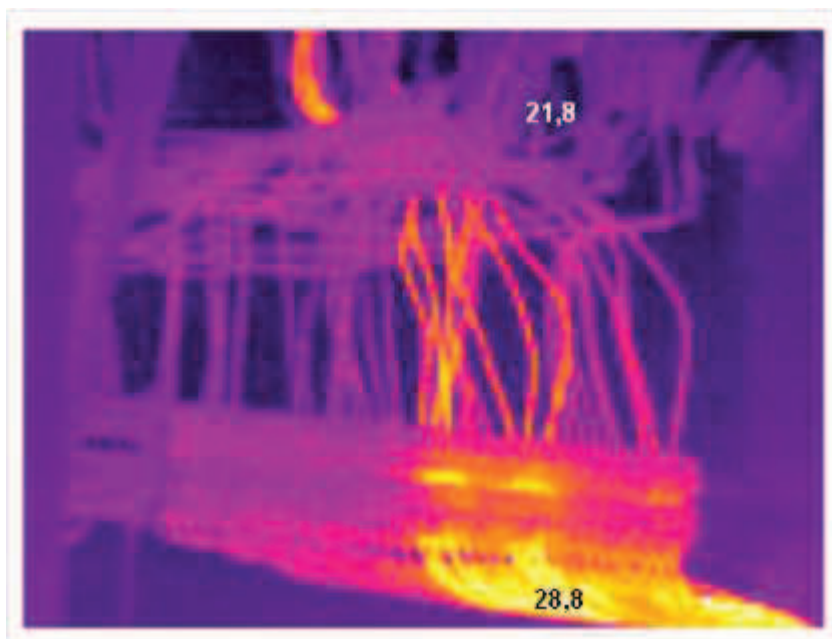
Kuva 16. Tehomittaus

5.2 Lämpömittausten tulokset

Lämpökuvauksella ja -mittauksella havaitaan nopeasti laitteiston ongelmia, jotka saattaisivat muuten jäädä huomaamatta. Esimerkiksi löystyneet liitokset tai vialliset osat laitteistossa voivat aiheuttaa lämpötilaeroja, jotka kamera havaitsee tarkasti.

Kiinteistön nousukeskuksen osia tutkittiin Fluke 62 -mini-infrapunamittarilla ja lämpötilat olivat normaaleja, eikä poikkeavuuksia havaittu.

Kiinteistön nousukeskusta, IV-konehuoneen keskusta ja nousukaapeleita kuvattiin Fluke Ti20 -lämpökameralla. Kuva 17 havainnollistaa kaapeleiden yhteen kiertämisen aiheuttamaa lämpötilannousua. Korkein kuvassa näkyvä lämpötila on 28,8 C° ja matalin lämpötila on 21,8 C°. Kaapeleita asennettaessa tulee ottaa huomioon kaapeleiden asennustavat, lämpötilakertoimet ja ympäristön lämpötila, jotta varmistetaan, ettei kaapelin lämpökuormitus ylitä.



Kuva 17. Lämpökuva keskuksen kaapeleista

Liitteessä 1 InsideIR -ohjelman antamat graafiset esitykset ja taulukot lämpökuvaukskohteelle. Infrapunamittauksessa ja lämpökuvauksessa ei havaittu poikkeavuuksia sähkölaitteistossa.

5.3 Muut kuntotutkimusmittaustulokset

Sepän koululla tehtiin pistokoeluontoisesti oikosulkuvirtojen, suojajohtimien jatkuvuuden ja vikavirtasuojakytkinten toiminta-aikojen mittauksia. Mittauksissa ei esiintynyt mitään normaalista poikkeavaa.

Taulukko 4. Suojajohtimen jatkuvuuden mitta

		Pääpotentialintaus Rlow Ohm
1	Oikohöylä	0,46
2	Vannesaha	0,08
3	Sirkkeli	0,09
4	Tasohöylä	0,19
5	Sorvi	0,23
6	Jyrsin	0,12
7	Nauhahiomakone	0,26
8	Purunpoistokone	0,13
9	Pylväsporakone I	0,25
10	Purunpoistoputki	0,43
11	Pylväsporakone II	0,1
12	Työtason pistorasia I	0,54
13	Työtason pistorasia II	0,04
14	Smirgeli	0,09
15	Pylväsporakone III	0,32
16	Pylväsporakone IV	0,08
17	Metallisorvi	0,19
18	Kiillotuskone	0,11
19	Nauhahiomakone	0,16
20	Voimapistorasias 32A	0
21	Schuko pistorasia	0,1
22	Voimapistorasias 16A	0,04
23	Schuko pistorasia	0,06
24	Liesi	0,02
25	Hitsauskaasun poisto	0

Taulukossa 4 on esitetty mittaustulokset teknisen käsityön luokkatilassa tehtyihin mittauksiin. Suojajohtimen jatkuvuuden mittaukselle ei ole annettu tarkkoja raja-arvoja, mutta yleisesti ottaen enintään noin 1 Ω :n mittaustulosta pidetään hyvänä. Arvo on riippuvainen suojajohtimen pituudesta. Saaduissa mittaustuloksissa ei ole mitään normaalista poikkeavaa.

Taulukko 5. Mittaustulokset asennustesterillä

	Tila	Silmukka Silmukka- impedanssi RL Ohm	Silmukka Oikosulku- virta (RS) Ipsc (Ik) A	RCD Laukaisu- aika Mittausaika ms	RCD Nimellis- virta Idn	RCD Laukeamis- virta I _{lau} mA
Voimapistorasiasia 16 A	UL = 50V	0,42	548			
Schuko- pistorasia	UL = 50V UL = 50V	1,56	147	165	30 mA	18
Schuko- pistorasia	UL = 50V UL = 50V	1,21	190	85	30 mA	21
Voimapistorasiasia 16 A	UL = 50V UL = 50V	0,27 0,32	852 719			
Voimapistorasiasia 16 A	UL = 50V UL = 50V	1,33	173	107	30 mA	21

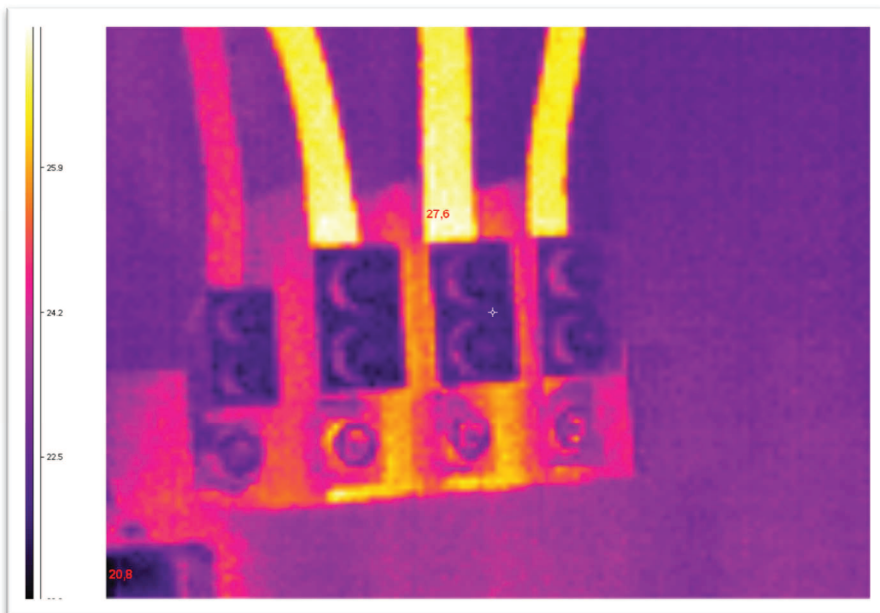
Taulukossa 5 on esitetty arvot asennustesterillä tehdyille vikavirtasuojien toiminta-aikojen mittauksille sekä oikosulkuvirran ja silmukkaimpedanssin mittauksille. Vikavirtasuojakytkimet toimivat normaalisti.

SFS-6000 standardi määrittää pienimmät sallitut toimintavirrat. Asennustesteri antoi jännitteelle arvon 230 V ja taajuudelle 50 Hz. Asennustesterillä tehdyissä mittauksissa ei esiintynyt poikkeavuuksia.

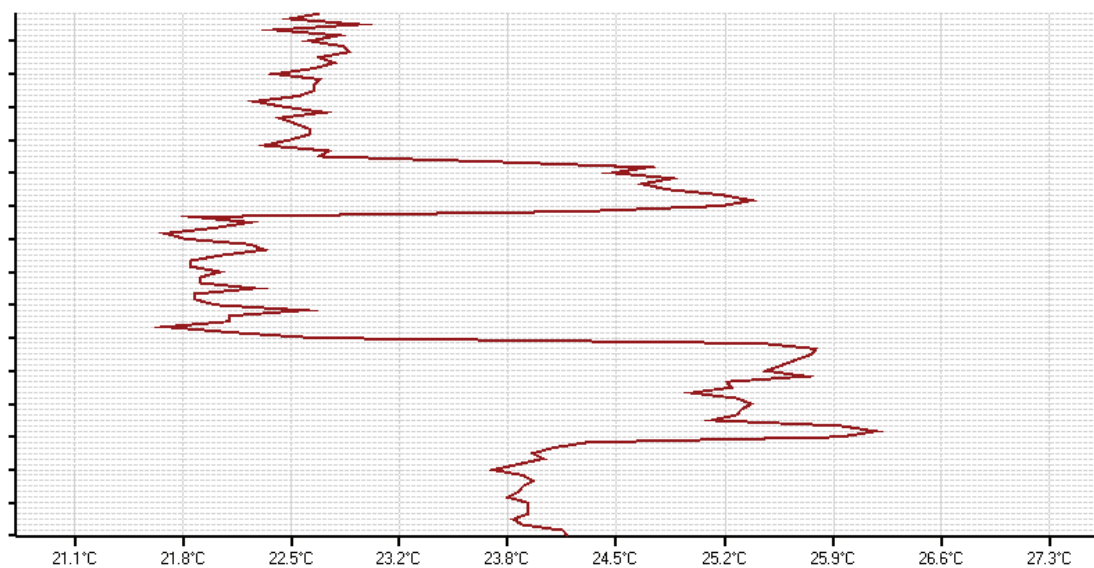
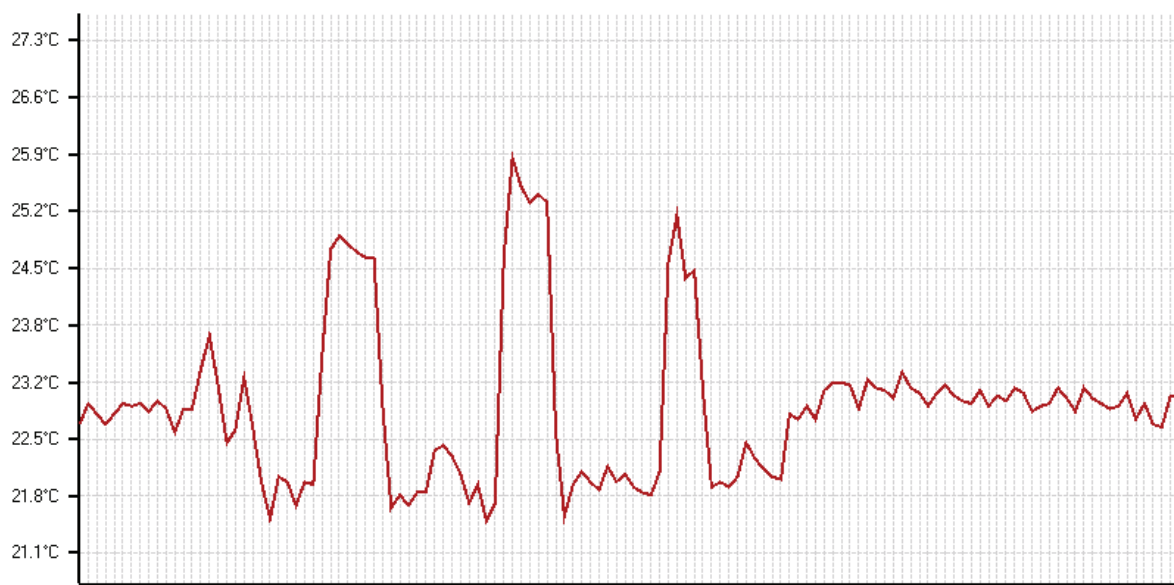
Lähteet

- 1 Sähköremontti
Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry 3. uudistettu painos 2011
- 2 ST 51.04
Johdinvärit 230/400 V:n järjestelmissä 2008-05-15
- 3 ST 95.32
Elinkaarikustannusten vaikutus järjestelmävalintoihin
- 4 KH 90-00294
Asuinkiinteistön kuntoarvio, suoritusohje
- 5 <http://www.edilex.fi/tukes/fi/lainsaadanto/19960517/>
Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä 5.7.1996/517
- 6 http://www.tukes.fi/Tiedostot/sahko_ja_hissit/ohjeet/maara_aikaistarkastukset.pdf
Määräaikaistarkastuksesta luettu 16.4.2013
- 7 <http://www.seti.fi/index.php?k=20369>
Kuntotutkijan koulutuksesta luettu 16.4.2013
- 8 <http://www.korjaustieto.fi/taloyhtiot/kosteus-ja-homevauriot-sisailma-terveydelle-vaaralliset-aineet/asbesti-pcb-ja-muut-terveydelle-haitalliset-aineet.html>
Ongelmajätteet rakennusmateriaaleissa luettu 7.5.2013
- 9 SFS-EN 50610
Yleisestä jakeluverkosta syötetyn sähkön jänniteominaisuudet
- 10 Kiinteistön kuntoarvio ja PTS raportti / Insinööritoimisto Techniplan Oy 2.8.2011
- 11 GSC57 Product datasheet, luettu 7.5.2013
- 12 Ti20 Thermal Imager users manual, luettu 7.5.2013
- 13 http://support.fluke.com/find-sales/Download/Asset/2517382_6250_ENG_A_W.PDF käyttöohje
luettu 7.5.2013
- 14 Unitest Telaris 0100 plus käyttöohje No. 9073
luettu 12.5.2013

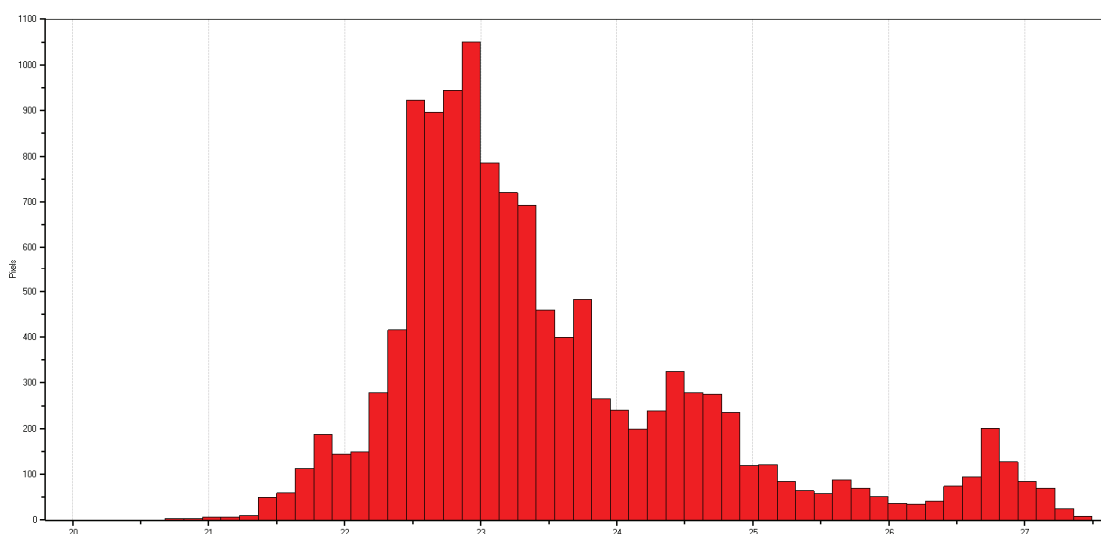
Lämpökuvaus



Ensimmäisessä kuvassa esitetään tavallisella kameralla otettu kuva. Alemmassa kuvassa esitetään sama kohde lämpökameralla kuvattuna. Lämpökuvasta huomaa hyvin vaihejohtimien kuormituksen aiheuttaman korkeamman lämpötilan nollajohtimen lämpötilaan verrattuna.



Kaavioissa esitetään InsideIR -ohjelman antamat lämpötilakäyrät kuvatulle kohteelle. Kaavioista on nopeasti nähtävillä, mikäli kuvatussa kohteessa esiintyy poikkeavia lämpötiloja.



Tarkempia tuloksia tarvittaessa InsideIR -ohjelman graafisista esityksistä on nähtävissä kuvan lämpötilat kuvapisteittäin. Alla olevassa taulukossa esitetään vain murto-osa mittavista lämpötila-arvojen mittaustuloksista havainnollistamaan lämpötilaesitystä.

Profile points			
X Axis	Y Axis	X Axis	Y Axis
(0,48) = 22.7 °C	(64,0) = 22.7 °C	(26,48) = 22.0 °C	(64,26) = 22.7 °C
(1,48) = 22.9 °C	(64,1) = 22.5 °C	(27,48) = 21.9 °C	(64,27) = 23.8 °C
(2,48) = 22.8 °C	(64,2) = 22.9 °C	(28,48) = 23.5 °C	(64,28) = 24.7 °C
(3,48) = 22.7 °C	(64,3) = 22.4 °C	(29,48) = 24.8 °C	(64,29) = 24.5 °C
(4,48) = 22.8 °C	(64,4) = 22.8 °C	(30,48) = 24.9 °C	(64,30) = 24.9 °C
(5,48) = 22.9 °C	(64,5) = 22.6 °C	(31,48) = 24.8 °C	(64,31) = 24.7 °C
(6,48) = 22.9 °C	(64,6) = 22.8 °C	(32,48) = 24.7 °C	(64,32) = 24.8 °C
(7,48) = 22.9 °C	(64,7) = 22.8 °C	(33,48) = 24.7 °C	(64,33) = 25.2 °C
(8,48) = 22.8 °C	(64,8) = 22.7 °C	(34,48) = 24.7 °C	(64,34) = 25.4 °C
(9,48) = 22.9 °C	(64,9) = 22.8 °C	(35,48) = 22.9 °C	(64,35) = 25.2 °C
(10,48) = 22.8 °C	(64,10) = 22.6 °C	(36,48) = 21.7 °C	(64,36) = 24.3 °C
(11,48) = 22.6 °C	(64,11) = 22.4 °C	(37,48) = 21.8 °C	(64,37) = 21.9 °C
(12,48) = 22.8 °C	(64,12) = 22.7 °C	(38,48) = 21.7 °C	(64,38) = 22.2 °C
(13,48) = 22.8 °C	(64,13) = 22.6 °C	(39,48) = 21.8 °C	(64,39) = 22.0 °C
(14,48) = 23.3 °C	(64,14) = 22.6 °C	(40,48) = 21.8 °C	(64,40) = 21.7 °C
(15,48) = 23.7 °C	(64,15) = 22.5 °C	(41,48) = 22.3 °C	(64,41) = 21.8 °C
(16,48) = 23.1 °C	(64,16) = 22.3 °C	(42,48) = 22.4 °C	(64,42) = 22.2 °C
(17,48) = 22.4 °C	(64,17) = 22.4 °C	(43,48) = 22.3 °C	(64,43) = 22.3 °C
(18,48) = 22.6 °C	(64,18) = 22.7 °C	(44,48) = 22.1 °C	(64,44) = 22.0 °C
(19,48) = 23.2 °C	(64,19) = 22.4 °C	(45,48) = 21.7 °C	(64,45) = 21.8 °C
(20,48) = 22.6 °C	(64,20) = 22.5 °C	(46,48) = 21.9 °C	(64,46) = 21.8 °C
(21,48) = 22.0 °C	(64,21) = 22.6 °C	(47,48) = 21.5 °C	(64,47) = 22.0 °C
(22,48) = 21.5 °C	(64,22) = 22.6 °C	(48,48) = 21.7 °C	(64,48) = 21.9 °C
(23,48) = 22.0 °C	(64,23) = 22.5 °C	(49,48) = 24.7 °C	(64,49) = 21.9 °C
(24,48) = 22.0 °C	(64,24) = 22.3 °C	(50,48) = 25.8 °C	(64,50) = 22.3 °C
(25,48) = 21.7 °C	(64,25) = 22.7 °C	(51,48) = 25.5 °C	(64,51) = 21.9 °C