

Tino Pesonen

Lämpökuvauksen hyödyt sähkölaitteiston mää- räaikaistarkastuksessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

28.01.2018

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Tino Pesonen Lämpökuvauksen hyödyt sähkölaitteiston määräaikaistarkastuksessa 33 sivua 28.1.2018
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkö- ja automaatiotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	Sähkösuunnittelija Kari Laine Sähkösuunnittelija Kai Grundström Lehtori Jarno Nurmio
<p>Insinööriyössä käsitellään lämpökuvauksen merkitystä sähkölaitteiston määräaikaistarkastuksessa. Määräaikaistarkastuksen tarkoituksena on varmistaa asennusten turvallisuus ja havaita mahdolliset puutteet, jotta voidaan ennalta ehkäistä niistä aiheutuvia vaaroja. Lämpökuvauksella ei ole säädösten mukaan pakollista suorittaa osana määräaikaistarkastusta. Lämpökuvauksella voi kuitenkin tuoda esille piileviä ongelmia, jotka voivat olla riski kiinteistön sähkölaitteistolle.</p> <p>Tämän insinööriyön tavoitteena oli selvittää lämpökuvauksen hyötyjä määräaikaistarkastuksessa. Teoriaosuudessa perehdytään määräaikaistarkastukseen ja lämpökuvaukseen, sekä niihin liittyviin säädöksiin ja lakeihin. Käytännön osuudessa esitetään tehty määräaikaistarkastus ja lämpökamerakuvaus.</p> <p>Tämän työn esimerkkikohteena oli seniorikoti. Tutkimusaineisto kerättiin sähköasennusterillä ja lämpökameralla sekä aistinvaraisella tarkastuksella seniorikodin sähkölaitteistosta. Näistä tehtiin tarkastuspöytäkirja ja lämpökuvausraportti. Nämä toimivat työn aineistona.</p> <p>Aineistosta havaittiin, että lämpökuvauksen avulla voidaan tuoda esille ylikuormituksia, jotka voivat aiheuttaa tulipalo- ja onnettomuusvaaran. Tästä voidaan päätellä, että lämpökuvauksella on hyvä suorittaa osana määräaikaistarkastusta.</p>	
Avainsanat	määräaikaistarkastus, lämpökuvauksella, sähköpalo, valokaarivikasuojat, turvallisuus

Author Title Number of Pages Date	Tino Pesonen The benefits of thermal imaging in periodic inspection of electrical installations 33 pages 28 January 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electric Power Engineering
Instructors	Kari Laine, Electrical Designer Kai Grundström, Electrical Designer Jarno Nurmio, Senior Lecturer
<p>This thesis deals with the importance of thermal imaging during periodic inspection of electrical installations. The purpose of the periodic inspection is to ensure the safety of the installations and to detect any deficiencies, in order to prevent the risks arising therefrom. Thermal imaging is not compulsory under the regulations as part of a periodic inspection. However, thermal imaging may reveal hidden problems that may be a risk to the electrical equipment of the property.</p> <p>The purpose of this study was to find out the benefits of thermal imaging during periodic inspection. Theoretical part tells about periodic inspection and thermal imaging, as well as related regulations and laws. The implemented periodic inspection and a thermal imaging are presented in the practical part.</p> <p>An example case of this work was a senior home. The research material was collected by an electrical installation tester and a thermal camera, as well as an organoleptic examination of the electrical equipment at the senior home. The inspection report and the thermal imaging report were made of these research materials. These reports work as material for this study.</p> <p>Data shows that thermal imaging can be used to detect overloads that can cause a fire or accident hazard. This concluded that thermal imaging is good to perform as part of the periodic inspection of electrical installation.</p>	
Keywords	periodic inspection, thermal imaging, electrical fires, arc fault detection device, safety

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Sähköasennusten historiaa	1
2.1	Vuodet 1930–1956	2
2.2	Vuodet 1956–1974	3
2.3	Vuodet 1974–1995	4
2.4	Vuodet 1995–	6
3	Sähkölaitteiden turvallisuus	6
3.1	Määräaikaistarkastukset ja kunnossapito	6
3.1.1	Sähköisku ja ensiapu	8
3.1.2	Sähköpalot	11
3.1.3	Valokaarivikasuoja	14
3.2	Laitteistoluokat	16
3.3	Tarkastuksen sisältö	18
3.3.1	Sähkölaitteiston yleinen kunto	22
4	Lämpökuvaus	23
4.1	Pätevyys	23
4.2	Lämpökuvauslaitteiston vaatimukset	25
5	Määräaikaistarkastus ja lämpökuvaus seniorikodissa	26
5.1	Tarkastuksen toteutus	26
5.2	Suoritetut mittaukset	26
6	Yhteenveto	29
	Lähteet	32

Lyhenteet

AFDD	Arc fault detection device, valokaarivikasuoja.
AFCI	Arc fault circuit interrupter, valokaarivikasuoja.
TN-C	Järjestelmässä on yhdistetty nolla- ja suojamaadoitusjohdin koko järjestelmässä.
TN-S	Järjestelmässä on erillinen nolla- ja suojamaadoitusjohdin koko järjestelmässä.
TN-C-S	Järjestelmässä on yhdistetty nolla- ja suojamaadoitusjohdin osassa järjestelmää.
MMJ	Muovivaippainen muovieristetty asennuskaapeli.
MK	Muovieristeinen muutamalankainen asennusjohdin.
ML	Muovieristeinen asennusjohdin.

1 Johdanto

Määräaikaistarkastus on usein kiinteistön tai rakennuksen haltijalle täysin tuntematon toimenpide. Kiinteistön haltijalla on kuitenkin vastuu pitää huolta, että vaadittavat tarkastukset suoritetaan määräajoin. Määräaikaistarkastuksella varmistetaan sähkölaitteiston turvallisuus ja toimintavarmuus.

Työssä käsitellään sähköasennusten historiaa ja kehitystä, koska ammattihenkilön on tunnettava myös vanhat asennustekniikat ja -tarvikkeet sellaisten osuessa kohdalle. Määräaikaistarkastukset ja kunnossapito ovat tärkeä osa turvallisuutta, jota käydään läpi turvallisuusosuudessa. Työssä käsitellään myös lämpökuvausta, mikä voi nopeuttaa vian etsinnässä ja tukea tarkastuksia. Lopussa tarkastellaan esimerkkikohteessa suoritettua määräaikaistarkastusta.

Tavoitteena on selvittää lämpökuvauksen hyödyt sähkölaitteiston määräaikaistarkastuksen yhteydessä. Esimerkkikohteena toimi vuonna 2009 käyttöönotettu seniorikoti. Seniorikodista kerättiin tutkimusaineistoa sähköasennustesterillä ja lämpökameralla sekä aistinvaraisella tarkastuksella.

Tämä opinnäytetyö toteutettiin yhteistyössä Insinööritoimisto Techniplan Oy:n kanssa. Yrityksen toimenkuvaan kuuluu sähkösuunnittelutehtävät, rakennusten kuntotutkimukset ja kuntoarviot kokonaisuudessaan, sekä asennus- ja urakointipalvelut.

2 Sähköasennusten historiaa

Määräaikaistarkastukset kohdistuvat kaiken ikäisiin kiinteistöihin, joten niitä tekevien ammattihenkilöiden on tunnettava kohtuullisen hyvin vanhempaa asennustekniikka ja asennustarvikkeita. Sähköä on käytetty jo yli 100 vuotta helpottamaan asuntojen toimintoja. Joissakin kohteissa saattaa olla osittaisia asennuksia 1930-luvulta tai jopa vanhempia, mutta ne ovat kuitenkin harvassa. [11, s.10.]

2.1 Vuodet 1930–1956

Vuosina 1930–1956 tunnettiin jo lähes kaikki sähkön käyttötavat. Pääasiassa sähköä käytettiin valaistukseen, mutta myös kiertovesipumppuja, kotitalouskoneita ja liesiä oli käytössä. Lähes ainoana asennustapana asuntojen uudisasennuksissa käytettiin uppoasennusta. Sähkön mittaus hoidettiin pääasiallisesti huoneistoittain. Minimipoikkipinnaksi liittymisjohdon kohdalla oli määritelty 6 mm², ellei talojohdon suojana ollut pylväsvarokkeita. Tällöin sallittiin minimipoikkipinnaksi 4 mm². Seinäläpivienneissä käytettiin posliiniputkia yksittäisiä johtimia varten. Sähkökeskusten varmuusmääräyksissä vaadittiin, että keskukset ovat tulenkestävästä aineesta, kuten metallista tai kivistä, valmistettuja. Sähkötauluasennuksille oli määritelty johtimien värisäännöt tarkasti, mitkä ilmenevät seuraavasta taulukosta 1. [11, s.11-12.]

Taulukko 1. Johtimien värisäännöt [11, s.11-12].

	Johdin:	Väri:
Tasavirta:		
	positiivinen johdin	punainen
	negatiivinen johdin	sininen
Vaihtovirta:		
	vaiheen ensimmäinen johdin	keltainen
	vaiheen toinen johdin	vihreä
	vaiheen kolmas johdin	sinipunainen/ violetti
	maadoitettu johdin jokaisissa virtapiireissä	harmaa tai valkoinen
	maadoittamaton nollajohdin	harmaa tai valkoinen punaisin poikkijuovin
	maadoitusjohdin, peruskäytössä virraton	musta

Näitä värisääntöjä noudattamalla tarkastaminen, tunnistaminen, testaus ja korjaaminen oli helpompaa ja turvallisempaa.

Sähköliedet yleistyivät 1930-luvulla ja liesikuorma kehoitettiin huomioimaan johtomitoituksissa. Tämä lisäsi pää- ja nousujohtojen kokoa huomattavasti, jouduttiin käyttämään jopa 25 mm² kuparijohtimia. Lämmitys- ja keittolaitteille, johdoille ja asennuksille, kytkinlaitteille, valaisimille ja varokkeille oltiin määräyksissä jo varauduttu, vaikka jotkin laitteet tekivät vasta tuloaan markkinoille. [11, s.12.]

2.2 Vuodet 1956–1974

Sähköliesi löytyi jo lähes jokaisesta kodista 1950-luvun loppupuolella. Uusia asuinpaikkoja oli syntynyt maaseudulle noin 100 000. Suurin osa oli sähköistetty tai oli mahdollista ainakin sähköistää tulevaisuudessa. Maaseudun sähköistysaste oli noin 80 % 1950-luvun lopulla. Asennuksissa käytettiin vuonna 1959 markkinoille tullutta muoviputkea, joka sitten syrjäytti aiemmin käytetyn panssariputken. Näinä vuosina kokeiltiin myös paineletkuilla tehtävää onteloasennusta betonissa sekä MMJ-tyyppisen kaapelin asentamista suoraan betoniin. Nämä tekniikat eivät kuitenkaan saaneet suosiota. [11, s.16-17.]

Tekniikan kehittyessä siirryttiin elementtirakentamiseen ja elementtitehtaat alkoivat tehdä valmiita putkituksia. Tämän ollessa kuitenkin haasteellista suuremmat toimittajat korvasivat putkitukset onteloilla. Määräyksistä välittämättä myös rungon valmistuksen aikana elementteihin asennettiin kaapeleita. Liitokset rapattiin umpeen ilman putkitusta, kun työmaalla ei ollut sähköasennusten valvojaa. Normaalisti käytettiin kuitenkin MK- ja ML-johtimia putkessa. [11, s.17-19.]

1950-luvun lopulla asunnoissa alettiin käyttämään koteloituja ja osittain kosketussuojattuja pääkeskuksia. Jotkin sähkölaitokset edellyttivät, että 1.1.1959 jälkeen sähkömittarit on sijoitettava yhteismittarikeskukseen. Samaan aikaan asuinnoissa alettiin käyttää ryhmäkeskuksia, joissa oli ryhmäsulakkeet ja pääkytkin. [11, s.19.]

Viimeiset kiinteisiin asennuksiin tarkoitetut kumi- ja keinomassaeristeiset johdot asennettiin 1960-luvun lopulla. Vaatimukset johdon mekaanisesta kestoisuudesta muuttuivat ja poikkipinnaltaan 1 mm² tai sitä pienempiä johtoja ei saanut enää käyttää. Tunnusvärit johdoissa määriteltiin myös uudestaan. Seuraavassa taulukossa 2 on havainnollistettu uudestaan määritellyt tunnusvärit. [11, s.20.]

Taulukko 2. Uudelleen määritellyt johtimien tunnusvärit [11, s.20].

	Johdinmäärä:	Värit:
Paperieristeiset johdot		
	kaksi johdinta	punainen ja ruskea
	kolme johdinta	punainen, ruskea ja sininen
	neljä johdinta	punainen, ruskea, sininen ja sininen/ruskea
Muovi- ja kumieristeiset johdot		
	kaksi johdinta	harmaa ja musta
	kolme johdinta	harmaa, musta ja punainen
	neljä tai useampi johdin	harmaa, musta, punainen ja loput mielivaltaisia, ei kuitenkaan harmaa tai punainen

2.3 Vuodet 1974–1995

Vuonna 1969 alettiin valmistella sähköturvallisuusmääräyksiä. Sähköturvallisuusmääräykset rakennuksia koskien tulivat voimaan 1.7.1974 kauppaja teollisuusministeriön päätöksellä (205/74). Vuonna 1979 sähkölaki uusittiin, jolloin myös huoltoon, käyttöön, tarkastukseen, suunnitteluun ja rakentamiseen liittyvät määräykset muuttuivat. Vuonna 1976 alettiin peria sähköveroa. Uudet painokset sähköturvallisuusmääräyksistä julkaistiin vuosina 1980, 1989 ja 1993, kun materiaalit ja tekniikka kehittyivät kovaa vauhtia. Hyvin nopeasti vuonna 1994 julkaistiin jo eurooppalaisiin standardeihin perustuva julkaisu Rakennusten sähköasennukset (A2-94). Standardisarja SFS 6000 julkaistiin vuonna 1999. [11, s.21.]

Rakennusteollisuus oli kehittänyt uusia rakennusmenetelmiä. Sähköistys oli tarkoitus saada kokonaan pinnalle tai sille erityisesti varattuun tilaan. Kaapelihyllyjä käytettiin kellarikäytävillä ja kaikki mahdolliset asennukset pyrittiin laittamaan kylpyhuonetilaelementtiin. Muut asennukset toteutettiin joko kattojen tai lattian onteloissa tai lista-asennuksina. [11, s.22.]

Sähkölämpö valtasi pientalojen lämmitysmuodon 1960-luvun lopulla. Pyykinpesukone ja astianpesukone jaettiin myös omiin ryhmiinsä, mutta muutoin kuormat pysyivät hyvinkin ennallaan. Asuntojen nousujohto muuttui vähintään 2 x 10 mm²:n kuparijohtimeen ja sulakekoko vähintään 1 x 35 A:ksi. Suurimmat kiinteistöt, joissa oli sauna, nousujohto oli 4 x 6 mm² ja sulake 3 x 25 A. [11, s.23.]

Uusia ohjeistuksia tuli myös liittyen jakokeskuksiin ja jakokeskustiloihin, johdon asentamisesta asennuskouruun, johtokanavaan ja sähkölistaan sekä johtimien väreihin. Suomikin siirtyi tällöin käyttämään kansainvälistä värijärjestelmää. Taulukossa 3 on käyty läpi johtimien tunnusvärejä. [11, s.23-26.]

Taulukko 3. Johtimien tunnusvärit 70-luvun puolesta välistä vuoteen 2002 asti [11, s.26].

Johtimien lukumäärä	Johtimien tunnusvärit	
kaksi	vaaleansininen ja musta	
kolme	Kiinteä johto: kelta-vihreäraitainen, vaaleansininen ja musta tai vaaleansininen, musta ja ruskea	Siirrettävä johto: kelta-vihreäraitainen, vaaleansininen ja ruskea tai vaaleansininen, musta ja ruskea
neljä tai enemmän	kelta-vihreäraitainen, vaaleansininen, musta, ruskea ja seuraavat johtimet mustia tai ruskeita tai vaaleansininen, musta, ruskea ja seuraavat johtimet mustia tai ruskeita	

Tässä järjestelmässä kelta-vihreä-raitaista johdinta ei saanut käyttää muuta kuin suoja-johtimena. Nollajohtimena käytettiin vaaleansinistä johdinta. Tätä johdinta voitiin käyttää myös vaihejohtimena, jos johdin merkittiin asian mukaisesti. [11, s.26.]

2.4 Vuodet 1995–

Lokakuussa 1999 julkaistiin standardisarja SFS 6000, Pienjännitesähköasennukset. Sähköasennuksiin liittyvissä teknisissä edellytyksissä siirryttiin käyttämään standardeja. Pieniä muutoksia standardeihin tehtiin monesti käyttöönoton jälkeen ja kokonaisuudistus tehtiin lopulta vuonna 2007. [11, s.27-28.]

Käyttöönottotarkastukseen liittyvät asiat jäivät lähes ennallaan A2-94 -julkaisuun verrattuna. Oikosulkuvirran mittausta koskeva muutos oli merkittävin. Mittaamalla saatu arvo tuli olla vähintään 25 prosenttia suurempi kuin suojalaitteen toimintavirta. Palosuojaukseen liittyen merkittävin uudistus oli, että palovaarallisissa tiloissa TN-järjestelmissä vaadittiin enintään 300 mA vikavirtasuojakytkimen käyttöä palosuojauksessa. [11, s.28.]

Kylpyhuoneiden ryhmiä alettiin suojata nimellistoimintavirrallaan enintään 30 mA vikavirtasuojakytkimillä. Kylpyhuoneisiin tuli lisätä myös lisäpotentiaalintasaus. Kokonaisuudistuksen myötä vuonna 2007 alettiin lähes kaikkia pistorasioita suojata vikavirtasuojalla. Lisääntynyt käyttö tuli ottaa huomioon myös sähköasennusten ryhmittelyssä. [11, s.29.]

Standardisarja SFS 6000 (2007) käsitteli aiempaa enemmän rakennusten sähköasennuksien suojausta sähkömagneettisilta häiriöiltä. Myös maadoituselektrodin edellytykset päivitettiin nykyaikaisiksi. [11, s.29.] Turvallisuuteen alettiin myös kiinnittää entistä enemmän huomiota ja sitä tarkastellaan tulevassa luvussa 3.

3 Sähkölaitteiden turvallisuus

3.1 Määräaikaistarkastukset ja kunnossapito

Kiinteistön tai rakennuksen haltijalla on lakisääteinen vastuu (Sähköturvallisuuslaki (1135/2016)) pitää huolta määräaikaistarkastuksista ja kunnossapidosta. Vuokrasuhteissa vastuu on mahdollisesti sopimuksella siirretty sille taholle, joka on myös vastuussa kunnossapidosta rakennuksessa tai kiinteistössä. Kiinteistössä pitää huolehtia kunnossapidosta, vaikka määräaikaistarkastusta ei tarvitsisikaan tehdä. Kunnollinen valvonta, sähkölaitteiston kunnossapito ja niitä tukeva määräaikaistarkastus pyrkivät ehkäisemään sähkölaitteiston häiriöt ja turvattoman käytön. [1, s.1.]

Sähkölaitteiston kunnossapito on välttämätöntä, sillä rikkoutuneet, vanhentuneet tai huonossa kunnossa olevat asennukset voivat pahimmassa tapauksessa aiheuttaa tulipalovaaran tai sähköiskun käyttäjälle, mutta myös yllättävän käyttökeskeytyksen. Käyttökeskeytys lisää kustannuksia ja voi pysäyttää esimerkiksi tehtaan tuotannon kokonaan. Kun sähkönjakelu ei kykene vastaamaan kaikkiin tuotannon tarpeisiin, tuotantoprosessi kärsii. Sähkölaitteistoon kertynyt pöly, rikkonaiset sähkökalusteet ja löysät liitokset ovat vaarallisia kiinteistön käyttäjille ja kiinteistölle. Rakennuspaloista kolmas osan aiheuttaa sähkö, mikä tarkoittaa yli tuhatta rakennuspaloa. Sähkölaitteiston ennakoiva kunnossapito ja jatkuva kunnonvalvonta ehkäisevät merkittävän osan palo- ja henkilövahingoista, jotka aiheutuvat sähkön käytöstä. [1, s.1.]

Hyvään kunnossapitoon ja kiinteistön huoltoon sisältyvät käyttäjien seurannan lisäksi ammattilaisen määräajoin tekemät kunnossapitotarkastukset. Tarkastukseen kuuluu sähkötekniisiä mittauksia ja aistinvaraisia tarkastuksia. [1, s.1.] Aistinvarainen tarkastus vaatii tekijältä tietoa uusista ja vanhoista määräyksistä. Tekijä tarkastaa, että asennukset ja laitteet ovat vaatimusten mukaisia, ehjiä ja asennettu oikein. [5.]

Sähköasennukset ja koko kiinteistötekniikka kiinteistössä tarvitsee kunnossapitoa ja huoltoa. Kunto ja turvallisuus ovat tärkeitä ja niitä on tarkkailtava koko ajan. Jos puutteita tai vikoja havaitaan, ne ovat korjattava mahdollisimman nopeasti. Sähköasennukset ja -keskusten komponentit vanhenevat ja kuluvat, jolloin ne tarvitsevat huoltoa. Myös sähkön käyttöolosuhteet ja -tarpeet vaihtelevat ajan kuluessa, joten sähkölaitteet ja -asennukset eivät mahdollisesti pysy käytön ja vaatimusten mukaisina. [1, s.1.]

Laitteiston haltijan lakisääteinen velvoite on huolehtia kiinteistön sähkölaitteiden määräaikaistarkastuksista. Määräaikaistarkastuksella tarkoitetaan säännöllistä sähkölaitteiston tarkastusta, jonka tarkoituksena on huolehtia kiinteistön kunnossapidosta. [1, s.1.]

Määräajoin tehtävillä määräaikaistarkastuksilla varmistetaan asennusten turvallisuus sekä pyritään havaitsemaan mahdolliset puutteet, jotta voidaan ennalta ehkäistä niistä aiheutuvia sähköiskuja ja tulipaloja. Määräaikaistarkastuksen tilaaminen kuuluu laitteiston haltijan tehtäviin. Laiminlyöty tarkastus voi vaikuttaa esimerkiksi vakuutusyhtiön ratkaisuihin annettavissa korvauspäätöksissä mahdollisissa onnettomuustapauksissa.

Vakuutusyhtiön edellyttävät suojeluohjeistuksessaan huolehtimaan määräaikaistarkastuksista. Kiinteistön kunnossapidon kannalta on olennaista huolehtia veloitteen

täyttämistä. [1, s.2.] Tarkastukset ja sähköasennukset kuuluvat sähköalan ammattilaisen tekemiin töihin. Urakoitsijoista, jotka ovat oikeutettuja sähkötöihin löytyvät tiedot Tu kesin verkkosivuilta. [1, s.2.]

Lakisääteiset määräaikaistarkastukset kuuluvat sähköasennusten kunnossapitoon. Tarkastus joka tehdään määräajoin, osoittaa kunnossapidon puutteet ja asennusten turvallisuuden ennen kuin ne aiheuttavat tulipaloja tai sähköiskuja. Määräaikaistarkastuksen ja kunnossapidon laiminlyönti voivat vaikuttaa vakuutusehtojen mukaisesti korvauksiin vahingon sattuessa. [2.]

3.1.1 Sähköisku ja ensiapu

Suomessa kuolee joka vuosi sähkötapaturmissa keskimäärin kolme ihmistä, vaikka sähkölaitteet oikein käytettynä ovatkin hyvin turvallisia. Suurin osa tapaturmien uhreista ovat maallikoita. Sähköalalla maallikot ovat henkilöitä, jotka eivät ole ammattihenkilöitä tai opastettuja työhön. Yleensä sähkötapaturmat aiheutuvat viallisista sähkölaitteista tai niiden huolimattomasta käytöstä. Joka vuosi tilastoidaan lievempiä tapaturmia noin 200 kappaletta, mutta todellinen luku on todennäköisesti moninkertainen, sillä kaikkia ei saada tietoon. [12.]

Sähköisku johtaa vammoihin, kun kehon lävitse menevä sähkövirta lämmittää kudoksia. Ulkoinen sähkövirta saattaa sotkea ihmisen hermojärjestelmiä, jotka käyttävät sähköisiä impulsseja. Sähkövirran voi tuntea ilman vakavaa seurausta, kun virran suuruus on noin yhden milliampeerin verran. Virran kasvaessa 10 milliampeeriin saattaa lihaskouristusten takia virtapiiriin jäädä jo kiinni. Sähkövirrasta johtuvat lihaskouristukset voivat johtaa myös kaatumiseen ja sitä kautta vammautumiseen. Toisaalta kaatuminen saattaa myös pelastaa hengen, jos ihminen kaatumisen seurauksena irtoaa nopeasti virtapiiristä. [13.] Seuraavassa taulukossa 4 on esitetty virran voimakkuuksien vaikutuksia ihmiseen.

Taulukko 4. Virran voimakkuuksien vaikutukset [13].

Virran voimakkuus (mA=milliampeeri)	Vaikutus
1 mA	Ei juuri tunnettavissa, mahdollisesti pistelevä tunne
3–5 mA	Lapsi pystyy itse irrottautumaan sähkövirrasta
6–9 mA	Aikuinen pystyy itse irrottautumaan sähkövirrasta
16–20 mA	Lihasten kouristelu
20–50 mA	Hengityslihasten lamauminen (hengityspysähdys)
50–100 mA	Sydämen kammiovärinä
Yli 2 A	Sydämen sähköinen toiminta pysähtyy
10–20 A	Yleinen taloussähkön sulakkeiden kestävyys

Suurjännitteisten sähkölaitteiden tai -linjojen läheisyydessä ei tarvita edes kosketusta sähköiskun saamiseen. Jos johtava aine on tarpeeksi lähellä sulkeakseen virtapiiriin, virta hyppää siihen. Esimerkiksi vesi ja maa ulkona sekä talojen kivi- ja sementtipinnat ja putkisto muodostavat toisen navan sähkölinjan johtimiin nähden. Sitä kutsutaan myös maapotentiaaliksi. [17.]

Näkyvää sähköpurkausta kutsutaan valokaareksi. Jatkuva sähköpurkaus aiheutuu, kun maapotentiaalissa oleva esine tai ihminen menee liian lähelle johdinta. Valokaaren ydin saattaa olla jopa 20 000 celsiusastetta, joten se aiheuttaa yleensä hyvinkin vakavia palovammoja. Ihmisen ollessa osana valokaarivirtapiiriä, suojalaitteet eivät välttämättä erota vikaa ja kytke johdinta jännitteettömäksi kehon suurehkon sähkövastuksen vuoksi. Selviytyminen valokaarisähköiskusta on harvinaista ja yleensä onnettomuuksiin liittyy myös putoaminen. [17.]

Sähkövirta tarvitsee aina yhteyden matalamman ja korkeamman jännitteen välille. Kehon tai jonkin sen osan toimiessa yhteytenä syntyy sähkövamma. Yhteyden syntyminen vaatii kosketuksen esimerkiksi verkkovirtaan ja samanaikaisesti pienempään jännitteeseen, yleensä maahan. Kosteus nostaa sähkönjohtavuutta, tästä syystä erityisesti kosteassa tilassa saatu sähköisku aiheuttaa isomman virtauksen kehon läpi ja siten isommat vammat kuin kuivan ihon kautta johtuva virta. [13.]

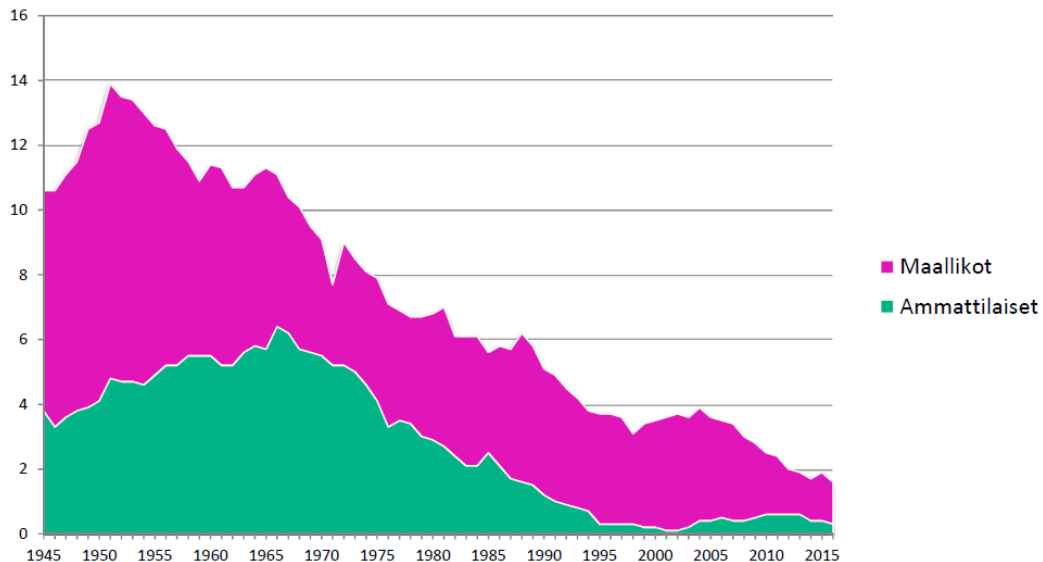
Sähköiskun vaarallisuus riippuu ihmisen kehon läpi menevän sähkövirran kestosta ja suuruudesta. Kehon läpi kulkeva voimakas sähköisku voi johtaa sydämenpysähdykseen tai sydämen normaalin sähköisen toiminnan häiriöön. Virran kasvaessa yli 50 milliampeeriin on sydänkammiovärinän todennäköisyys suuri. Sydänkammiovärinän aikana sydän ei pumpkaa verta, verenpaine laskee ja hapensaanti aivoihin estyy. Sydämeen kohdistuva sähköisku saattaa myös vaurioittaa sydänlihasta. Sähkövirta kulkee sydämen läpi, kun se johtuu esimerkiksi kädestä jalkoihin tai kädestä käteen. Aivojen kautta kulkeva virta voi aiheuttaa esimerkiksi hengityksen pysähtymisen. Muunlaiset hermokudosvauriot ovat myös mahdollisia. [12.]

Muulla kehossa virta saattaa johtaa verenkiertohäiriöihin, sisäelinvammoihin ja palovammoihin. Sähköisku voi rikkoa myös lihaksia koska virta aiheuttaa lihaksen supistumisen. Pahimmillaan sähköisku aiheuttaa hankalia monielinvammoja. Yleensä vaihtovirta on vaarallisempaa kuin tasavirta. Lisäksi myös sähköiskun aiheuttama putoaminen saattaa aiheuttaa lisää vammoja. Sähkövammat kaulan tai pään alueella voivat aiheuttaa harmaakaihia jopa kolmen vuoden kuluttua. [13.]

Yksivaiheinen 230 voltin jännite on jo vaarallinen. Sähkötapaturmista vakavimmat tapahtuvat enimmäkseen juurikin 230 voltin jännitteellä. Vieläkin vaarallisempi on kolmivaiheiliitännöissä esiintyvä 400 voltin jännite. Suurjännitelinjoissa virrat ovat niin suuria, että virta tekee myös palojälkiä kulkureitilleen. [12.]

Varsinaisten sähköiskujen ohella sähköalan ammattilaisille sattuu niin sanottuja valokaaritapaturmia, joissa suurien virtojen aiheuttamat valokaaret johtavat vakaviin palovammoihin. Lämpötila valokaareissa voi nousta jopa useaan tuhanteen asteeseen. Vamman vakavuus riippuu myös siitä, miten laajasti iho palaa. [12.]

Sähkötapaturmassa auttajan tulee varoa saamasta itse sähköiskua, hän voi eristäytyä esimerkiksi kumikäsineillä. Sähköiskun saanut tulee irrottaa mahdollisimman nopeasti sähkövirrasta, jos tämä ei ole muuten mahdollista, pitää sähkö katkaista esimerkiksi pääkytkimestä. Sähkötapaturman uhrin ollessa hengittämätön tai pulssiton, sydämen toiminnasta ja hengityksestä tulee tarvittaessa huolehtia painelu- ja puhalluselvytyksellä. Tätä ennen pitää kuitenkin soittaa ammattiapua hätänumerosta. [13.] Kuvassa 1 nähdään kuolemaan johtaneet sähkötapaturmat vuosina 1945–2016. [20.]



Kuva 1. Kuolemaan johtaneet sähkötapaturmat 1945–2016 [20].

Kuvassa 1 nähdään kuolemaan johtaneiden sähkötapaturmien keskiarvo. Vuoden 2005 lukuarvo on esimerkiksi saatu laskemalla yhteen vuosien 1996–2005 kuolemaan johtaneet sähkötapaturmat jaettuna kymmenellä. Tämä laskutapa tasaa vuosittaisen vaihtelun tapaturmien määrässä, joten sitä on helpompi lukea pitkällä aikavälillä. [20.]

Vaikka sähköiskun saaneella ei ole näkyviä vammoja, hänet tulee toimittaa jatkohoitoon välittömästi. Jatkohoidossa selvitetään mahdolliset sisäelinten, hermoston ja verenkiertoon aiheutuvat vauriot. Normaalia taloussähköä suuremmasta jännitteestä tulleen sähköiskun aiheuttama hermo- tai lihaskudosvaurio voi kehittyä vielä yhden päivänkin kuluessa. [13.]

3.1.2 Sähköpalot

Sähköpaloja syttyy vuosittain Suomessa yli tuhat, sähköpalolla tarkoitetaan paloa, jonka suorana syttymisenergiana on sähkö. Palon aiheuttajana voi olla sähkölaitteisto tai -laite. Ennen syttymistään sähköpalo yleensä oireilee ennakoon ja kytee jonkin aikaa. Epätavallinen toiminta sähkölaitteessa voi ennakoida ongelmia tai jopa sähköpaloa. Epätavallista toimintaa voi olla esimerkiksi laitteesta tuleva haju, epämääräiset äänet kuten valaisimen hurina tai toistuva ohjelman keskeytyminen pesukoneessa. Valojen himmeneminen tai vilkkuminen ovat merkkejä siitä, että kaikki ei ole kunnossa laitteistossa. Kodin

elektroniikasta toistuvasti saadut pienet sähköiskut yhdessä muiden ongelmien kanssa voivat myös olla merkinä piilevästä viasta. [2.]

Virheellisesti asennetut, väärin käytetyt tai huollon puutteessa olevat sähkölaitteet, kuten kiukaat, leivänpaahtimet, liedet ja erilaiset kuivaimet, jotka tuottavat lämpöä saattavat aiheuttaa tulipalon. [2.] Seuraavat kuvat 2 ja 3 havainnollistavat kotitalouksissa mahdollisia sähköpalon aiheuttajia.



Kuva 2. Pyykinpesukoneesta aiheutunut tulipalo [22].



Kuva 3. Liedestä alun saanut tulipalo [22].

Sähkölaitteistossa tai -laitteissa oleva huono liitos tarkoittaa, että sähkövirran kulussa on ongelma. Tällöin liitoksen johtimet tai johdin on kiinnitetty liian kireälle tai liian löysästi. Virta ei pääse kummassakaan tapauksessa kulkemaan suunnitellusti. [2.]

Paljon käytettyyn pistorasiaan voi esimerkiksi syntyä mekaaninen vika, jolloin pistorasian sisälle aiheutuu huono liitos ja pistorasiassa voi esiintyä valokaari tai kipinöintiä. Huonon liitoksen syntymisen syynä on usein sähkölaitteistoon tai -laitteeseen kohdistunut mekaaninen rasitus. [2.]

Liitoksessa käytetyt materiaalit saattavat huonon liitoksen aiheuttaman lämmön takia syttyä palamaan. Tällaisia materiaaleja ovat esimerkiksi eristeet. Materiaali voi syttyä palamaan, kun kuumasta kohdasta johtuu lämpöä ympäristöön. Kipinöinnin lisäksi huono liitos voi aiheuttaa pahimmillaan valokaaren, tässä tapauksessa sähkövirta purkautuu ilman läpi näkyvästi. Valokaaren aiheuttama lämpö saattaa olla useita tuhansia asteita. [2.]

Laitteiden liitosjohdot ja jatkojohdot pitää olla ehjiä. Puristuksissa oleva tai vaurioitunut johto on vaarallinen. Oven tai ikkunan alta vedetty johto on puristuksissa ja johdon eriste rikkoutuu. Tämän seurauksena johto muuttuu vaaralliseksi turvallisuuden kannalta. On myös mahdollista, että sähkölaitteessa on ostettaessa jo vika, joka aiheuttaa tulipalon. Tämä on kuitenkin epätodennäköistä. Yleensä ihmisen toiminnasta tai laitteen käyttöhistoriasta löytyy syy sähkölaitteen aiheuttamaan sähköpalo. Laitetta käytetään esimerkiksi olosuhteissa, jossa sen sähköosiin kertyy kosteutta, likaa tai muuta sinne kuulumatonta. Ylimääräinen aines voi jossain vaiheessa aiheuttaa kipinöintiä sekä vaiheiden välisen oikosulun, josta voi seurata sähköpalo. [2.]

Omakotitalon omistaja eli asukas on yleensä haltija ja hänellä on vastuu sähkölaitteiston kunnosta. [2.] Kerros- ja rivitaloissa, pääsääntöisesti kiinteistön sähköjärjestelmä on asunto-osakeyhtiölain mukaan taloyhtiön vastuulla. Huoneiston osakkaan vastuulla on kaikki kiinteästi asennetut valaisimet, kaikki kodinkoneet ja huoneistossa olevan saunan kiuas ja siihen liittyvät sähkölaitteet. [18.] Sähkölaitteisto oikein asennettunakaan ei kestä ikuisesti. Tarvittavat huoltotoimenpiteet tekee sähköalan ammattilainen, mutta laitteiston kuntoa tulee seurata. Turvallisuutta voi aina parantaa vapaaehtoisilla tarkastuksilla, vaikka laitteistolle ei tarvitsisikaan teettää määräaikaistarkastuksia. Sähköalan ammattilaiselle kuuluvat sähkötöiden lisäksi lähes poikkeuksetta kodin laitteiden ja laitteistojen huollot ja asennukset. [2.]

Sähkölaitteiden turvallisuuden kannalta on syytä noudattaa käyttöohjeita laitetta käytettäessä. Ohjeiden noudattamisella minimoidaan laitteesta aiheutuvat mahdolliset sähköiskut sekä palovaarat. Kylmälaitteita lukuun ottamatta sähkölaitteita ei tule jättää toimimaan asukkaiden poistuessa kodista. Yleensä toimiva palovaroitin varoittaa tarpeeksi ajoissa alkavasta palosta. [2.]

Erilaisissa työskentelytiloissa ja varastoissa kannattaa aistinvaraisesti seurata sähkölaitteistojen ja -laitteiden osien puhtautta ja kuntoa. Alkavista ongelmista voivat kertoa esimerkiksi hajut, äänet ja tummentumat laitteessa. Laitteen rakenne on voinut kärsiä esimerkiksi, jos siihen on huomaamatta kohdistunut isku. [2.]

3.1.3 Valokaarivikasuoja

Viime syksynä voimaan tullessa SFS 6000 -sähköasennusstandardissa suositellaan tiettyjen tilojen suojausta valokaarivikasuojalla. Kyseiset tilat ovat sellaisia, joissa tulipalo voisi saada aikaan erityisen riskin. Suositellut tilat ovat sellaisia, joissa nukutaan tai säilytetään helposti syttyviä materiaaleja. Myös sellaiset tilat, joissa on rakennelmia palava-aineisesta materiaalista, paloa levittäviä rakenteita tai säilötään korvaamattomia esineitä. Valokaarivikasuoja asennetaan suojattavan ryhmäjohdon alkupäähän. [15.] Suojalaite voi olla joko itsenäinen tai erillinen. Erillinen suojalaite kytketään vikavirtasuojan tai johdonsuojakatkaisijan yhteyteen, mikä antaa käskyn katkaisulaitteelle katkaista virta. Itsenäinen suojalaite sisältää myös laukaisuyksikön. [14.]

Kuvassa 4 on esitetty AFDD+ -valokaarisuojalaite. Tämä moduulikomponentti asennetaan ryhmäkeskukseen ja se suojaa myös vikavirta-, oikosulku- ja ylikuormitustilanteilta.



Kuva 4. AFDD+ -valokaarisuojalaite sisältää lisäksi A-typin vikavirtasuojakytkimen ja johdon-suojakatkaisijan [19].

Nykyaikaiset valokaarivikasuojat AFDD ja AFCI reagoivat sekä rinnakkaismuotoiseen ja sarjamuotoiseen valokaareen. Sarjamuotoinen valokaari tarkoittaa esimerkiksi vioittuneeseen johtimeen tai heikkoon liitokseen syttyvää valokaarta. Rinnakkaismuotoinen valokaari tarkoittaa nolla- ja vaihejohtimen välille syttyvää valokaarta, joka voi aiheutua esimerkiksi eristevian takia. [14.]

Kyse on vasta suosituksesta, mutta suojista saattaa tulla myöhemmin pakollisia, jos kokemukset ovat positiivisia. Kuten jo vikavirtasuojien kohdalla huomattiin, suojien laajempaan käyttöönottoon vaikuttaa käytännössä vasta suojien käytön pakollisuus. [14.]

Kanadassa ja Yhdysvalloissa valokaarivikasuojat ovat olleet pakollisia jo vuosituhaten alusta saakka. Vuonna 2014 pakollisuus laajeni Yhdysvalloissa kaikkiin asunnon huoneisiin. Euroopassa käyttö on yleistynyt vasta viime vuosina. Saksassa suojat tulivat pakollisiksi uudisasennuksissa vuonna 2016. [14.]

Sähkötapaturmiin Suomessa menehtyy keskimäärin kahdesta kolmeen ihmistä joka vuosi mutta sähköpalojen uhriluku on moninkertainen. Vuonna 2014 sähköpaloissa kuoli 24 ihmistä ja sitä seuraavana vuonna 16 ihmistä. Valokaarivikasuoja vähentää viallisista sähköasennuksista syttyvien tulipalojen riskiä vaikkakin suurin sähköpaloista aiheutuu sähkölaitteiden huolimattomasta käytöstä. [14.]

Perinteiset suojaukset eivät havaitse esimerkiksi sellaista vikaa, jossa huonoon liitokseen syntyy valokaari joka voi sytyttää tulipalon. Perinteisiä suojaustapoja ovat

vikavirtasuoja, joka valvoo nolla- ja vaihejohtimen virtojen erotusta, sekä johdonsuojakatkaisija, joka valvoo johdon virran suuruutta. Tulipalot, jotka aiheutuvat sähköasennuksista, johtuvat yleensä valokaarivioista. Nämä puolestaan aiheutuvat rinnakkaisvalokaarista, eristysvioista jännitteisten johtimien välissä tai löysällä olevista liitoksista. [14.]

Suojalaite on tarkoitettu erityisesti sarjavalokaaren havaitsemiseen. Vikavirtasuoja ei havaitse sarjavalokaarta, koska siinä ei esiinny vuotovirtaa maahan. Sulake tai katkaisija ei laukea, koska sarjavalokaarivian impedanssi vähentää kuormitusvirtaa niin että ne jäävät laukaisurajan alle. Rinnakkaisvalokaarivioissa virtaa rajoittavat tekijät ovat valokaaren ja asennuksen impedanssit. Tämän takia virta saattaa jäädä ylivirtasuojan toimintavirran alle. [16.]

Valokaarivikasuojat voivat havaita tilanteen, joka aiheutuu jatkuvasta valokaaresta. Sitä saattaa rajoittaa suojattavan virtapiirin kuormitus (sarjavalokaari) tai syöttävän verkon virta (rinnakkaisvalokaari). [16.]

3.2 Laitteistoluokat

Määräajoin tarkastettaviin kohteisiin kuuluvat yli 35 A:n sulakkeilla varustetut toimisto-, liike-, teollisuus- ja maatalousrakennukset ja tätä vaativammat sähkölaitteistot. Velvoite ei koske varsinaisesti asuinrakennuksia. Kuitenkin asuinrakennuksissa oleville yli 35 A:n sulakkeilla suojatut laitteistot, joita ei käytetä asuintiloina, vaaditaan määräaikaistarkastus. Toimisto-, liike-, julkiset tilat kuten päiväkotit voivat esimerkiksi olla tällaisia. Luokkiin 2 ja 3 kuuluvat sähkölaitteistot, jotka sijaitsevat asuinrakennuksessa, on myös tarkastettava. [1, s.3.]

Sähkölaitteiston tarkastusvälit määräytyvät sähkölaitteistoluokan mukaan. Näitä havainnollistetaan taulukossa 5.

Taulukko 5. Sähkölaitteiston tarkastusvälit.

Laitteistoluokka	Tarkastusväli	Sähkölaitteisto
luokka 1	10 vuotta	Pääsulakkeiltaan yli 35A
luokka 2	10 vuotta	Yli 1000V osia sisältävä tai liittymisteholtaan yli 1600kVa
luokka 3	5 vuotta	Räjähdysaltis tila ja leikkaussalin sisältävä sairaala

Luokan 1 tarkastusväli on kymmenen vuotta, siihen kuuluvat pääsulakkeiltaan yli 35 A:n sähkölaitteistot. Luokan 2 tarkastusväli on kymmenen vuotta ja siihen kuuluvat yli 1000 V:n osia sisältävät laitteistot sekä liittymisteholtaan yli 1600 kVA:n pienjännitelaitteistot. Luokan 3 tarkastusväli on viisi vuotta. Luokkaan kuuluu sähkölaitteisto Tukesin kemikaalilupaa edellyttävässä räjähdysvaarallisessa tilassa. Luokkaan kuuluu myös sähkölaitteisto sairaalassa ja lääkäriasemalla jossa on leikkaussali. [1, s.3.]

Sähkölaitteistot on jaettu eri luokkiin niiden määräaika- ja varmennustarkastusten sekä kunnossapito-ohjelmaa koskevien vaatimusten osalta luokkiin sähköturvallisuuslaissa (1135/2016). Seuraavaksi käydään läpi lisäohjeita sähkölaitteistojen luokituksille. [21.]

Luokka 1a tarkoittaa sähkölaitteistoa asuinrakennuksessa, jossa on yli kaksi huoneistoa asuinkäytössä. Asuinrakennuksessa voi olla muitakin palvelevia tiloja kuten liiketiloja. Asuinrakennus määritellään sen pääkäyttötarkoituksen mukaisesti. [21.]

Luokka 1b on muu kuin sähkölaitteisto asuinrakennuksessa. Sen suojalaitteena toimivan ylivirtasuojan nimellisvirta on yli 35 ampeeria ja ei kuulu luokkiin kaksi tai kolme. Luokkaan kuuluu esimerkiksi liike-, teollisuus- ja majoitusrakennusten kiinteistöjä. Tätä luokkaa ei ole rajattu pelkästään rakennuksiin kuuluvaksi vaan se sisältää koko kiinteistön/liittymän. [21.]

Luokan 2c sähkölaitteistoon kuuluvat yli 1000 voltin laitteistojen lisäksi myös muu sisäinen jakeluverkko kiinteistössä. Samaan sähkölaitteistoon kuuluvat kaikki saman haltijan sähkölaitteistot yhtenäisellä alueella. Saman kiinteistöryhmän tai kiinteistön alueella voi siis olla toisen luokan sähkölaitteistoja tai ne voivat kuulua eri haltijalle. Yhden tai usean muuntajan tai yli 1000 voltin nimellisjännitteisen kytkinlaitoksen kokonaisuus katsotaan muuntamoksi, jos ne ovat samassa tai liittyvissä tiloissa. [21.]

Luokka 2d on liittymisteholtaan yli 1600 kilovolttiampeeria ja enintään 1000 voltin sähkölaitteisto. Liittymisteho voidaan määrittellä esimerkiksi mittaamalla 15 minuutin

huipputehon arvo. Virtaan perustuvissa liittymäsopimuksissa 230/400 voltin järjestelmässä 1600 kilovolttiampeeria vastaa 2300 ampeeria virtaa. Luokka 3c on sähkönjakeluverkko, joka vaatii sähköverkkoluvan. Verkonhaltijan sähkönjakeluverkoilla viitataan kiinteistön tai sen kiinteistöryhmän ulkopuolisia siirto- ja jakeluverkkoja. [21.]

3.3 Tarkastuksen sisältö

Sähkölaitteiston käytön turvallisuus, asianmukainen ja riittävä kunnossapito ovat asioita joita varmistetaan määräaikaistarkastuksessa. Tarkastuksessa katsotaan myös, että laitteiston mahdollisista muutos- ja laajennustöistä löytyvät asianmukaiset tarkastuspöytäkirjat. [1, s.3.]

Ennen tarkastusta sovitaan haltijan kanssa ajankohta sekä nimetään yhteyshenkilö. Haltijaa neuvotaan tarpeen mukaan valmistautumisessa ja pyydetään tiedottamaan asianomaisille tulevasta tarkastuksesta. Haltijan on myös esitettävä tarvittavat dokumentit, kuten aikaisemmat tarkastuspöytäkirjat ja huoltokirjat. Lisäksi haltijan tulee näyttää käytössä sekä hoidossa tarvittavat dokumentit. [4, s.6.]

Ensimmäinen askel tarkastuksessa on perehtyä kohteeseen mahdollisuuksien mukaan. Rakennuksen tuntevan henkilön kanssa käydään läpi tarkastuksen tarkoituksesta ja siitä, kuinka se toteutetaan. Tässä kohtaa tulee myös tiedustella mahdolliset rajoitukset, joilla voi olla vaikutusta työturvallisuuteen tai tarkastuksen tekemiseen. Velvollisuuksista ja sähköturvallisuusasioista on myös syytä neuvoa mukana tarkastuksessa olevia. Aikaisemmat tarkastuspöytäkirjat sekä niissä mainitut puutteet ja virheet tarkastetaan. [4, s.6.]

Kohteessa, jossa on käytössä hoito- ja kunnossapito-ohje, tarkastetaan huoltokirjoista tai vastaavista, että ohjeita on noudatettu. Laitteiston käyttäjältä tiedustellaan laitteiston turvallisuutta koskevista havainnoista. Havainnot voivat olla toistuvia suojalaitteiden ja sulakkeiden toimintoja, sähkövahinkoja tai sähkötapaturmia. [4, s.6.]

Tarkastajan tulee varmistaa, että sähkölaitteiston käyttö on turvallista, tarkastamalla turvallisuusvaatimusten toteutuminen. [4, s.7.]

Pistokokeilla tarkastetaan, ettei sähkölaitteistosta ole vaaraa kenellekään minkäänlaisessa huolto- tai käyttöolosuhteessa. Aistinvaraisesti tarkistettavat asiat ovat mm.

sähkölaitteiden rakenteellinen eheys ja rakenne kosketussuojauksen kannalta, keskuk-sien ja sähkötilojen lukitukset ja sulakekansien eheys. [4, s.8.] Kuvassa 5 nähdään, että peruseristetyt johtimet ovat kosketeltavissa. Tämä ei täytä kosketussuojauksen vaati-musta.



Kuva 5. Kytkimestä revitty kaapeli.

Vikasuojausmenetelmät tulee olla määräysten mukaisia ja niiden tulee toimia niin, ettei terveydelle tai hengelle ole vaaraa laitteiston käytössä. Potentialintasauksen ja maa-doitusjärjestelmän kunto tarkistetaan aistinvaraisesti. Erityistä huomiota vaatii TN-S- ja TN-C-järjestelmien määräyksien mukainen kytkentätapa liittymiskohdissa. Suoja- ja po-tentiaalintasausjohtimien jatkuvuus tarkastetaan mittaamalla ja testaamalla. Virtapiirit, joissa vikasuojaus toteutetaan käyttämällä tarpeeksi nopeaa poiskytkentäaikaa, mita-taan kohteen vikapiirin pienin oikosulkuvirta. Joissakin TN-C-järjestelmissä on käytetty niin sanottuja nollauksia, ja niiden tulee olla rakentamisajankohtana voimassa olleiden turvallisuusmääräyksien mukaisia. [4, s.8.]

Tarkastuksessa pitää kiinnittää huomiota riskitekijöihin, jotka voivat aiheuttaa syttymis-vaaraa. Piirustuksista tarkastellaan kohdetta aistinvaraisesti ja asennuspaikoilla mita-taan suurimmat oikosulkuvirrat ja lämpötilat. Sähköläpivientien määräystenmukaisuus palokaasujen ja palon minimoimiseksi tarkastetaan kohteessa. [4, s.8.] Aasioita, joihin on syytä kiinnittää huomiota määräaikaistarkastuksessa, on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Huomioitavat asiat määräaikaistarkastuksessa [4, s.8].

Huomioitavat asiat määräaikaistarkastuksessa:
suojalaitteiden toimivuus
asennusympäristön erityisolosuhteet
virheelliset liitokset
käytön tai ikääntymisen vaikutukset
jäähtymistä huonontavat tekijät
asennukset ja kunto
valaisimet
palokatkot
valmistajien ohjeiden mukaisuus
palokuorma

Määräaikaistarkastuksessa tulee kiinnittää huomiota, että suojalaitteet toimivat vaaditulla tavalla. Tarkastajan tulee myös huomioida asennusympäristön erityisolosuhteet kuten lämpö ja jäähtyminen. Jäähtymistä huonontavia tekijöitä ovat esimerkiksi likaantuminen ja pölyntyminen. Löysät tai muuten virheelliset liitokset voidaan löytää esimerkiksi lämpökameran avulla. Epäilyttävien johtimien virta voidaan tarkastaa mittaamalla (epäsymmetrisyys). Huomioitavaa on myös virheellisen käytön tai ikääntymisen vaikutukset paloturvallisuudessa sekä valaisimet ja niiden liitäntälaitteet paloturvallisuuden kannalta. Palokatkojen, mutta myös ilmanvaihdon toimivuus tulee lisäksi tarkistaa. Tarkastuksessa varmistetaan asennukset, kunto, käyttö ja soveltuvuus sekä ylikuumenemissuojien toimivuus. Lisäksi laitteiston ja sen komponenttien oikosulkukestoisuus ja -suojaus tulee olla riittävä. Käyttö ja suoritettavat asennukset tulee myös olla valmistajien ohjeiden mukaisia. Sähkötiloihin ja kaapelihyllyille varastoitu syttyvä materiaali on tarpeetonta palokuormaa. Mahdolliset ylikuormitukset voidaan huomata lämmenneistä johdoista, sulakkeista, komponenteista, mahdollisista vaurioista ja käyttäjien kommentteista. [4, s.8.]

Oikosulkusuojauksen toteutuminen tarkastetaan sähkölaitteistossa. Lisäksi katsotaan, että laitteet ovat mitattujen oikosulkuvirtojen mukaan valittuja. Suojauksen varmistamiseksi lasketaan tai mitataan pääkeskuksessa ja tarpeen mukaan muissakin laitteiston osissa esiintyvä suurin oikosulkuvirta. Oikosulkusuojauksen toteutuminen todetaan pistokein eri paikoissa. [4, s.9.]

Erityisesti alkuperäisestä muuttuneiden olosuhteiden vaikutuksiin tulee kiinnittää huomiota, asioita ovat esimerkiksi kotelointiluokat, kemikaalien vaikutus ja mekaaniset vaarat. [4, s.9.]

Sähkölaitteiston hoidon, käytön ja huollon turvallisuuteen liittyen on seuraavia asioita taulukossa 7 syytä tarkastella.

Taulukko 7. Tarkastettavia asioita turvallisuuteen liittyen [4, s.9].

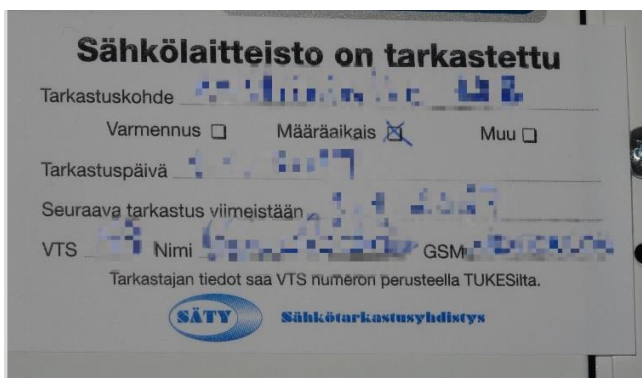
Tarkastettavia asioita:
Turvallisuusmääräyksiä noudattaminen ja käyttäjien opastus
Lukittavat sähkötilat ja ohjeistukset
Ajantasaiset ja selkeät merkinnät
Määräysten mukaiset huolto- ja käyttötilat
Sähkölaitteiston erotusmahdollisuus
Kaikki vaadittavat tarvikkeet saatavilla ja vastaa määräyksiä

Sähkölaitteiston käytössä tulee noudattaa sähköturvallisuusmääräyksiä ja käyttäjien pitää olla opastettuja huoltoon ja käyttöön. Sähkötilat pitää olla lukittavia ja ohjeistettuja määräysten mukaisesti. Kaikkien merkintöjen jotka liittyvät hoitoon ja käyttöön tulee olla ajan tasalla sekä ymmärrettävissä käyttäjille nopeasti. Huolto- ja käyttötilat sekä olosuhteet täytyy olla määräysten mukaisia. Sähkölaitteistoissa pitää olla vaadittavat erotusmahdollisuudet. Kaikki käytössä, huollossa ja hoidossa vaadittavat tarvikkeet tulee olla saatavilla ja määräysten mukaisia. [4, s.9.]

3.3.1 Sähkölaitteiston yleinen kunto

Pääosin kohde tarkastetaan pintapuolisesti siltä osin, mitä on nähtävissä. Kaikki tarvittavat kesukset kuitenkin avataan siten, että vaatimukset turvallisuuden kannalta voidaan tarkistaa luotettavasti. Yleisiä pintapuolisesti tarkastettavia asioita ovat sähköasennusten määräystenmukaisuus sekä sähkölaitteiden, asennusten ja kaapeleiden kunto, kiinnitykset ja läpiviennit. [4, s.9.]

Tarkastaja luovuttaa sähkölaitteiston haltijalle tarkastuspöytäkirjan, johon on merkitty sähkölaitteiston turvallisuuteen liittyvät puutteet. Turvallisuus ja laitteiston säädöstenmukaisuus varmistetaan mittauksilla ja pistokokeilla. Mittaukset suorittavat toiminnassaan riippumaton ja puolueeton ammattilainen, joka on perehtynyt sähkölaitteistojen turvallisuuteen. Pöytäkirja on säilytettävä laitteistoin haltijan toimesta. Haltijan on osoitettava, että merkityt puutteet pöytäkirjassa on korjattu esimerkiksi käyttöönottotarkastuspöytäkirjan avulla jonka saa korjaukset tehneeltä sähköurakoitsijalta. Tarkastaja kiinnittää tarkastustarran laitteiston pääkeskukseen merkiksi tarkastuksesta, joka on suoritettu. [1, s.3.] Kuvassa 6 on pääkeskukseen kiinnitetty tarkastustarra.



Kuva 6. Pääkeskukseen kiinnitetty tarkastustarra.

Luvussa 4 kerrotaan lämpökuvauksesta, jota voidaan hyödyntää sähkötarkastuksissa.

4 Lämpökuvaus

4.1 Pätevyys

Pätevöitynyt lämpökuvaaja on tarpeeksi ammattitaitoinen tekemään oikeaoppisesti ja tehokkaasti sähkölaitteen lämpökuvauksen. Lämpökuvaajapätevyyydessä on kysymys vapaaehtoisesta pätevyuden osoittamisesta. Lämpökuvauslaitteistolla on mahdollista löytää ja korjata virtapiirien ja sähkölaitteiden kuumentuneet kohdat. Tämä edellyttää kuitenkin, että lämpökuvauslaitteiston käyttäjällä on kokemusta lämpökuvauksesta sekä tarvittava koulutus. Määräaikaistarkastusta lämpökuvaus ei korvaa, mutta se tukee tarkastusta. [3, s.3.]

Henkilön, joka hakee pätevyyttä lämpökuvaajaksi, pitää tuntea lämpökuvauslaitteiston toiminta. Hänen pitää osata käyttää laitteistoa niin että tulokset ovat luotettavia. Hakijan tulee osata arvioida, onko laitteisto asiallisesti kalibroitu. Hänen tulee osata myös tulkita ja diagnosoida mittaustuloksissa mahdollisesti näkyvä vaihtelu, sekä arvioida laitteiston tekniset valmiudet. [3, s.3.]

LK 1 -luokan pätevyystodistuksen omaavan henkilön tulee olla itsenäiseen sähkötyöhön kykenevä sähköalan ammattilainen (KTMP 561/1996 11§). Hän voi itsenäisesti suorittaa lämpökuvausta ilman toisen sähköalan ammattilaisen valvontaa. [3, s.3-4.]

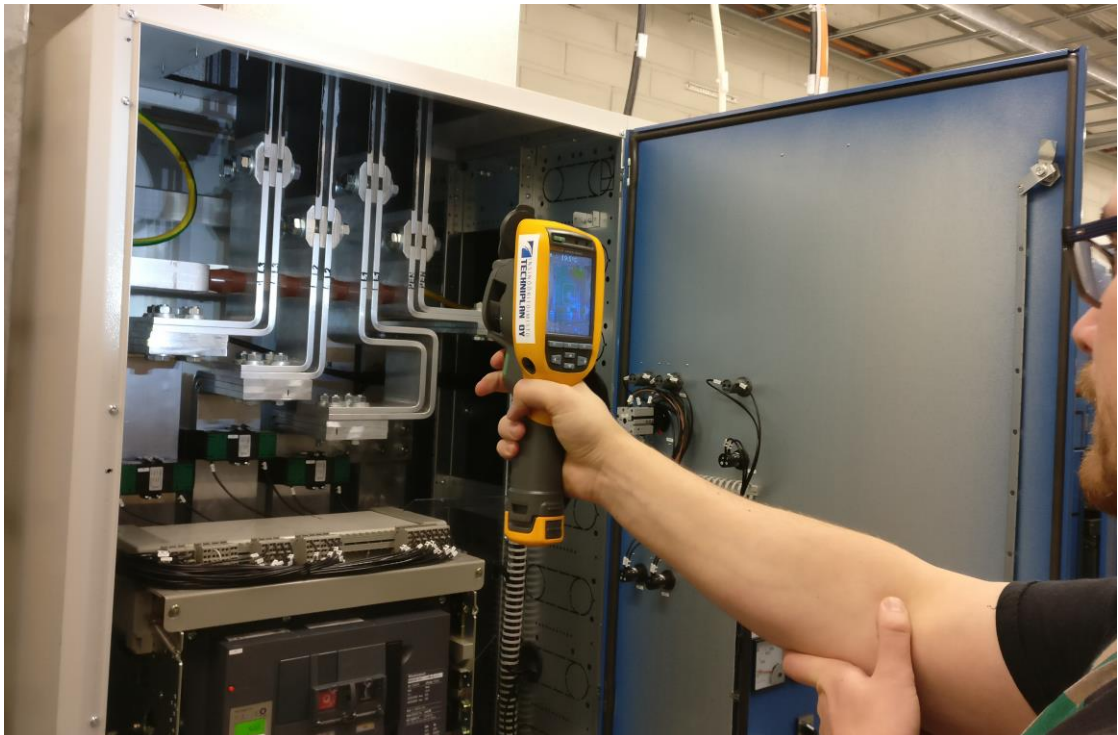
LK 2 -luokan pätevyystodistuksen omaava henkilö ei voi tehdä itsenäisesti sähkölaitteiden lämpökuvauksia, koska hän ei ole sähköalan ammattilainen. Hänen täytyy aina tehdä lämpökuvaus yhteistyössä KTMP 516/96 11. §:n edellytykset täyttävän sähköalan ammattilaisen kanssa ja hänellä täytyy olla tarvittava taito ja tieto lämpökuvauksesta. LK2 -lämpökuvaaja ei saa ulottua työkaluilla tai kehonsa osalla jännitetyöalueelle lämpökuvausta tehdessään. Sähköalan ammattilaisen, joka on mukana kuvauksessa, pitää tuntea kuvattavan kohteen sähköiset komponentit ja niiden käyttölämpötilat, mikäli lämpökuvaaja ei niitä tiedä. Lämpökuvausraporttia tehdessä sähköalan ammattilaisen tulee tarkistaa, että kaikki tulkinnot suoritetaan oikein. [3, s.3-4.]

Kummankin luokan pätevyystodistuksen saannin edellytyksenä on, että pätevyyttä hakevan tulee hyväksytysti suorittaa Seti Oy:n näyttökoe ja kirjallinen koe. Hakevan tulee lisäksi osoittaa hätäensiapukoulutus ja sähkötyöturvallisuuskoulutus suoritetuksi. Lämpökuvaajan täytyy myös toimittaa yhdestä kuvaamastaan lämpökuvauskohteesta

täydellinen raportti SETI Oy:lle. Lämpökuvaajalla pitää olla voimassa oleva SFS 6002-koulutus, mutta 2. luokan pätevyyteen, riittää myös lämpökuvauksiin laadittu sähkötyöturvallisuuskoulutus, johon sisältyy tiedot sähkön aiheuttamista vaaroista. [3, s.5.]

Lämpökameran käytön osaaminen osoitetaan Seti Oy:n valvomassa, laboratoriossa tehtävässä lämpökuvauksessa ja Seti Oy:lle tulee toimittaa yksi todellisista olosuhteista tehty lämpökuvausraportti. Pätevystodistus on voimassa kerrallaan viisi vuotta. [3, s.5.]

Kuva 7 havainnollistaa sähkölaitteiston lämpökuvausta.



Kuva 7. Sähkölaitteiston lämpökuvauks.

Ylläpitääkseen pätevyyden henkilöllä tulee olla voimassa hätäensiapu- ja sähkötyöturvallisuuskoulutus. Henkilön tulee toimittaa Seti Oy:lle yksi kirjallinen lämpökuvausraportti sekä selvitys tekemistään lämpökuvauksista kalenterivuositain maaliskuun loppuun mennessä. Henkilön osoittaessa tehneensä kaksi lämpökuvausta kahdessa kohteessa ja toimittaessa tarvittavat tiedot vuosiraporteissa Seti Oy:lle pätevystodistus uusitaan. Seti Oy ylläpitää listaa pätevistä lämpökuvaajista. Jos henkilö ei toimita vuosiraporttia niin pätevystodistus perutaan. [3, s.6.]

Pätevystodistus uusitaan viiden vuoden välein, jos hakija ylläpitää osaamistaan. Hakijan täytyy ylläpitää taitoa vuosittain tehdyillä kuvauksilla, ja hänen tulee toimittaa

uusissaan pätevyyttä todistus voimassaolevasta hätäensiapu- ja SFS 6002-koulutuksesta sekä täydellinen raportti vähintään kahdesta tekemästään lämpökuvauskohteesta SETI Oy:lle. [3, s.7.]

4.2 Lämpökuvauslaitteiston vaatimukset

Pätevöityneen lämpökuvaajan tulee osata tarkastaa, että mittauslaitteisto on sähkölaitteiden kuvaamiseen soveltuva. Lämpökameran toimittajan tai valmistajan on määriteltävä lämpökuvauslaitteiston tekniset ominaisuudet ja laitteiston tarkkuus pitää olla mainittuna dokumenteissa. Laitteisto tarkastetaan vähintään kahden vuoden välein käyttämällä kalibroitua vertailulaitteistoa. [3, s.7.] Taulukossa 8 tarkastellaan lämpökuvauskameralta vaadittuja ominaisuuksia.

Taulukko 8. Lämpökuvauskameralta vaaditut ominaisuudet [3, s.7].

Vaaditut ominaisuudet:
yhden pisteen suora lämpötila
radiometrinen kuva
arkistoitavissa
mittaus ± 2 Celsius asteen tarkkuudella
kuvan muokkaus tietokoneella
pikselimäärä vähintään 19 200
lämpötilaerojen mittaus

Kameran näytöltä tulee näkyä vähintäänkin yhden pisteen suora lämpötila. Lämpötila-arvot (radiometrinen kuva) pitää pystyä mittaamaan koko kuvausalueelta jälkikäteen tietokoneohjelmistoa apuna käyttäen. Lämpökuvat pitää olla mahdollista arkistoida sähköisessä muodossa. Lämpökameran kuvien heijastuksia ja emissiivisyyttä pitää myös pystyä muokkaamaan jälkikäteen tietokoneella. Lisäksi lämpötilan mittaaminen pitää tapahtua ± 2 Celsius-asteen tarkkuudella 100 °C:n saakka ja yli 100 °C:n lämpötilassa ± 2 %:n tarkkuudella. Lämpötilaerojen mittaus pitää toimia vähintään 0,1 °C:n portain. [3, s.7.]

5 Määräaikaistarkastus ja lämpökuvaus seniorikodissa

5.1 Tarkastuksen toteutus

Tässä opinnäytetyössä tarkastettu kiinteistö on vuonna 2009 käyttöön otettu 2-kerroksinen seniorikoti, johon tehtiin määräaikaistarkastus haltijan tilauksesta. Rakennuksen sähkölaitteisto on alkuperäinen eikä mitään muutoksia ole tehty. Kellarikerroksessa sijaitsevasta sähköpääkeskuksesta on jaettu syöttö ryhmäkeskuksiin. Sähkönjakelujärjestelmänä on käytetty TN-S-järjestelmää. Tässä järjestelmässä maadoitukset tehdään käyttäen erillistä suojajohdinta.

Käyttäjille ilmoitettiin ajankohta ennen kohteeseen saapumista. Tarkastukseen liittyvät mahdolliset asiakirjat pyydettiin lähettämään etukäteen, tämän tarkoituksena on helpottaa työntekoa paikalle mentäessä. Tästä kohteesta ei materiaalia saatu etukäteen.

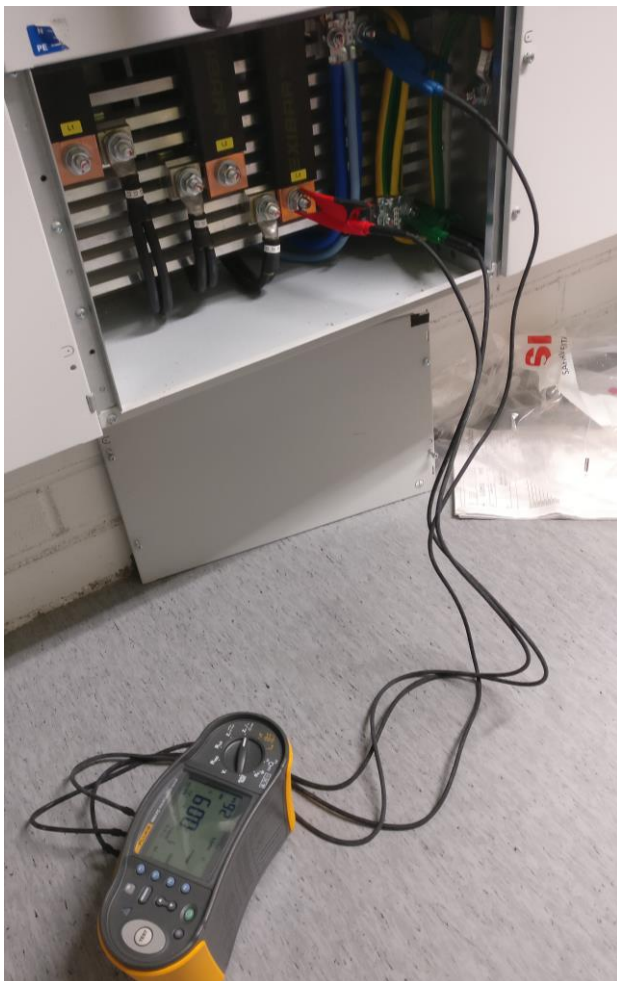
Tarkastus toteutettiin järjestelmällisesti, pääkeskuksesta edeten lähinnä oleviin keskustiloihin ja niiden vaikutusalueisiin. Keskustiloissa käytettiin ensin apuna lämpökameraa, joka jo tässä vaiheessa saattaisi paljastaa jonkin huomattavasti lämpimämmän lohkon keskuksesta. Lämpimämpi lohko voidaan avata ensiksi ja kuvata, ennen kuin lämpö sekoittuu huoneilmaan. Keskustiloista tarkastettiin, että niistä löytyy turvallisen käytön ja kunnossapidon osalta vaadittavat dokumentit ja niiden paikkaansa pitävyys. Tilasta tulee löytyä ainakin pää- ja nousujohtokaavio.

5.2 Suoritetut mittaukset

Kaikki sähkökeskukset avattiin kokonaisuudessaan, jotta lämpökuvaus voitiin suorittaa. Lämpökuvauksen jälkeen tarkastettiin yleinen kunto aistinvaraisesti. Kuntoa tarkastettiin aistinvaraisesti myös koko tarkastuksen ajan, joka puolella kiinteistöä. Julkisissa rakennuksissa löytyy usein rikkinäisiä pistorasioita ja valaisimia, jotka tulee vaihtaa mahdollisimman nopeasti.

Keskuksilta mitattiin oikosulkuvirrat, oikosulkuimpedanssi, jännitteet, vaihevirrat sekä tarkistettiin, että vaihejärjestys on oikea. Jokaisesta huoneesta ja käytäviltä mitattiin pistokoemaisesti pistorasiatesterillä sähkölaitteiston toimivuus ja turvallisuus. Osasta

pistorasioista testattiin myös syötön automaattisen poiskytkennän toimivuus. Kuvassa 8 on havainnollistettu sähkökeskuksen mittausta.



Kuva 8. Sähkökeskuksen mittaus.

Suojajohtimen jatkuvuus testattiin erikseen johtokelaa apuna käyttäen rakennuksen keittiössä ja kellarissa. Mittaus suoritettiin PE-kiskon ja sähköpisteiden PE-napojen välillä.

Joillakin vaatimuksen täyttävillä asennustestereillä mitattu vikavirtapiirin impedanssi ei ole luotettava, johtuen komponenttien riippuvuudesta taajuuteen. Asennustesterissä tulee olla mahdollisuus muuttaa taajuus noltaan hertziin, jotta mitattu arvo olisi oikea. Mitauksia pitää verrata laskettuihin arvoihin, jotta voitaisiin varmistaa automaattisen poiskytkennän toimivuus.

Vian ilmetessä kosketeltavan ja jännitteisen osan välillä, sulake tai kytkin katkaisee syötön, jottei siitä aiheudu vaaraa kenellekään. 230 V:n ryhmäjohtoilla aika 0,4 sekuntia.

Syötön automaattisen poiskytkennän varmistamiseksi helpoin tapa on mitata vikavirtapiirin impedanssi ja sen perusteella määritellä oikosulkuvirta, joka syntyy vikatapauksessa. Arvoa verrataan sitten suojalaitteiden taulukkoarvoihin. Tämän lisäksi vikavirtasuojakytkimen toimivuus testataan. [8, s.30.]

Vikavirtasuojaa käytetään suojaamaan sähkölaitteistoja, rakennuksia, eläimiä ja ihmisiä palo- ja hengenvaarallisilta vuotovikavirroilta. Vikavirtasuojakytkin valvoo tulevaa ja poistuvaa virtaa. Vikavirtasuojakytkin havaitsee eron, jos osa sähkövirrasta siirtyy vikavirtana maahan. Vikavirta voi siirtyä maahan esimerkiksi ihmisen tai eläimen kautta, mutta myös rakennuksen osissa. Vikavirtasuojakytkin erottaa sähköjohtimen verkosta, kun vikavirran määrä yltää vaarallisiin lukemiin ja virransyöttö katkeaa. [10]

Vikasuojausmenetelmät tarkastetaan niin että ne ovat määräysten mukaisia ja toimivat siten, että käyttö on turvallista. Potentiaalintasauksen ja maadoitusjärjestelmän kunto ja kattavuus tarkastetaan aistinvaraisesti. Huomiota tulee kiinnittää erityisesti TN-S- ja TN-C-järjestelmien liityntäkohtien määräysten mukaisiin kytkentätapoihin. Mittaamalla ja testaamalla tarkastetaan potentiaalintasaus- ja suojajohtimien jatkuvuus. Virtapiirit, joissa käytetään riittävän nopeaa poiskytkentäaika, testataan poiskytkentäaika mittaamalla pienin vikapiirin oikosulkuvirta kohteessa. [8, s.34.]

Oikosulkusuojauksen toteutuminen tarkastetaan ja todetaan kaikkialla sähkölaitteistossa. Oikosulkusuojaus todetaan laskemalla tai mittaamalla pääkeskuksessa ja tarpeen vaatiessa myös muissakin sähkölaitteiston osissa suurin esiintyvä oikosulkuvirta. [8, s.64.] Monivaihepiirissä on tarkistettava, että vaihejärjestys säilyy samana jokaisessa kiinteistön sähkökeskuksessa ja -laitteessa. [8, s.34.]

Tavanomaisten kosketussuojavaatimusten lisäksi tarkastuksessa pitää kiinnittää huomiota käyttäjien taitoon heidän suorittaessaan huolto-, hoito- tai käyttötoimenpiteitä. Aistinvaraisesti tarkastetaan ainakin sähkötilojen ja -keskuksien lukitukset, sulakekansien eheydet ja sähkölaitteiden rakenne kosketussuojauksen kannalta. [8, s.62.]

Mittaukset suoritettiin Amprobe Telaris ProInstall-100 -asennustesterillä. Asennustesteri sopii hyvin kaupallisten, teollisten ja asuinkiinteistöiden tarkistukseen. Testerin on pieni, kevyt ja helppokäyttöinen. Tämä asennustesteri tekee mittaukset nopeasti ja laitteessa on 400 muistipaikkaa tehdyille mittauksille. Tärkeimmät mittaustoiminnot ovat

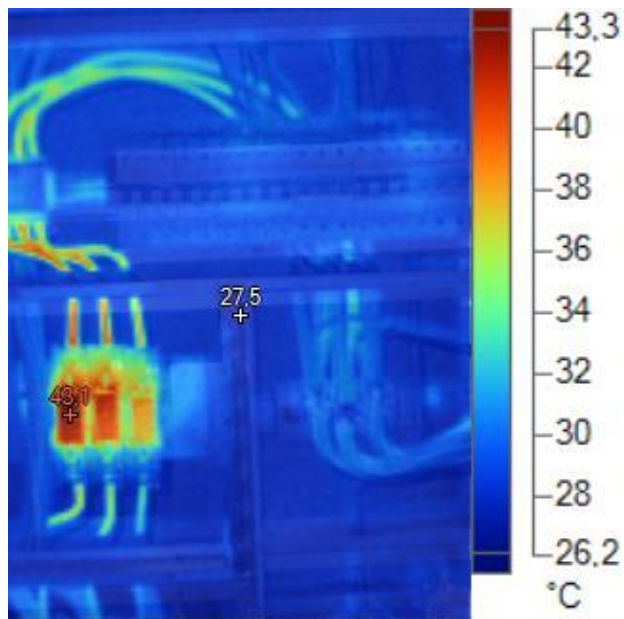
eristysvastusmittaukset, vikavirtasuojien testaus, silmukkaimpedanssimittaus, oikosulkuvirran mittaus ja vaihejärjestyksen tarkistus. [6.]

Lämpökuvat otettiin Fluke Ti125 -lämpökameralla, joka soveltuu hyvin ammattimaiseen sähkölaitteiden kuvaamiseen. Kamera on kestävä, kevyt ja helppokäyttöinen. Mittaukset kameralla pystytään suorittamaan nopeasti ja kuvat ovat tarkkoja. Kuvat pystytään siirtää tietokoneelle ja sitä kautta suoraan raporttipohjalle. [9.]

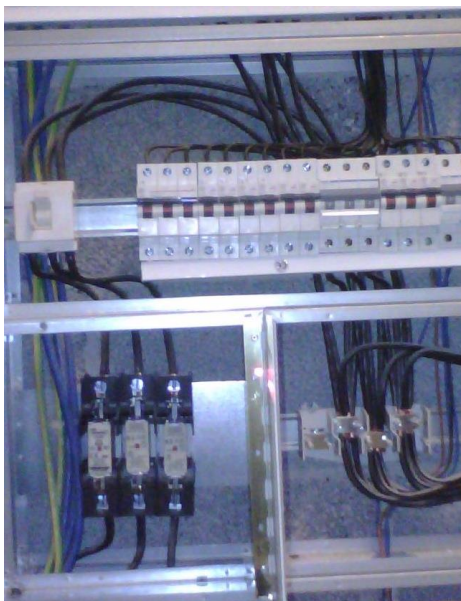
Virtamittaukset suoritettiin Fluke a3001 FC -virtamittarilla. AC-virtamoduuli on helppokäyttöinen ja siinä on taipuva lenkin mallinen mittauspää. Edellä mainitun mittauslaitteiston lisäksi käytettiin myös ruuviväännintä ja jännitetyökäsineitä. [8.]

6 Yhteenveto

Tarkastetussa kohteessa ei havaittu välitöntä vaaraa aiheuttavia puutteita tai vikoja. Pääkeskuksen kiinteistöosassa havaittiin lämpökuvauksen avulla kahvasulakkeen lämpötilan olevan muita korkeampi. Vaihevirtoja mitatessa havaittiin hetkellisiä ylikuormituksia. Mittaushetkellä tilan kuormat olivat kytkettyinä päälle niin kuin ne normaalisti päivittäin ovat. Poikkeamat pitää tutkia mahdollisimman nopeasti, jotta sähkölaitteiston turvallisuus ja toimivuus voidaan varmistaa. Kuvassa 9 nähdään vasemmalla lämmennyt kahvasulake. Kuvassa 10 nähdään sama kohta normaalissa valossa.



Kuva 9. Lämpökuva sulakkeista.



Kuva 10. Normaali kuva sulakkeista.

Pääkeskuksesta ja useasta ryhmäkeskuksesta löydettiin päättämättömiä johtimia ja irrallisia liittimiä. Johtimet pitää vanhojen säädösten mukaan liittää kiinteään liittimeen. Ryhmäkeskuksesta (RK 1) ei löydetty sähköpiirustuksia ja ryhmäkeskuksen (RK 3) arvokilpi oli virheellinen. Sähkölaitteisto on varustettava sellaisilla piirustuksilla ja merkinöillä, että sen huolto ja kunnossapito on turvallista ja selkeää.

Tässä kohteessa lämpökuvauksen hyödyntäminen määräaikaistarkastuksessa oli kannattavaa. Lämpökuvaus nopeutti työtä ja niin sanotun vikakohdan löytymistä. Tästä kohdasta ei todennäköisesti olisi suoritettu virtamittausta ilman lämpökuvauksella havaittua lämmintä kahvasulaketta. Tällä tavoin lämpökuvaus saattaa tuoda esiin vikoja, jotka muuten jäisivät huomaamatta. Lämpökameraa on helppo kantaa mukana, ja sillä voidaan kuvata sähkölaitteistoa turvalliselta etäisyydeltä. Kaikkien apulaitteiden käyttö, joilla voidaan varmistaa sähkölaitteiden turvallisuus, on ehdottomasti kannattavaa. Näin varmistetaan myös, että suoritettu tarkastus on tehty perusteellisesti, eikä sähköturvallisuuden kannalta huomioitavia asioita jää havaitsematta.

Lähteet

- 1 Kunnossapito-opas. 2017. Verkkodokumentti. Tukes. <www.tukes.fi/Tiedostot/sahko_ja_hissit/esitteet_ja_oppaat/Kunnossapito-opas.pdf>. Päivitetty 10.4.2017. Luettu 23.8.2017.
- 2 Sähkölaitteiden paloturvallisuus. 2017. Verkkodokumentti. Tukes. <www.tukes.fi/fi/toimialat/sahko-ja-hissit/sahkolaitteiden-paloturvallisuus>. Päivitetty 10.4.2017. Luettu 05.9.2017.
- 3 Lämpökuvaus. 2016. Verkkodokumentti. Seti Oy <www.seti.fi/doc/lampokuvaus/LK-patevyys-12_2016.pdf>. Päivitetty 14.7.2016. Luettu 05.9.2017.
- 4 Tiainen, Esa. 2017. Määräaikaistarkastuksen suorittaminen. ST 51.23. Sähkötieto ry. Päivitetty 5.4.2017. Luettu 12.9.2017.
- 5 Korjausrakentaminen. 2013. Verkkodokumentti. Sähköala.fi. <www.sahkoala.fi/ammatillaiset/artikkelit/kuntotutkimus/fi_FI/korjausrakentaminen>. Päivitetty 2.7.2013. Luettu 28.10.2017.
- 6 Installation testers. 2017. Verkkodokumentti. Beha-Amprobe. <www.beha-amprobe.com/en/products/installation-testers/proinstall-100-eur>. Päivitetty 2017. Luettu 28.10.2017.
- 7 Pihtimittarit. 2017. Verkkodokumentti. Fluke. <www.fluke.com/fluke/fifi/pihtimittarit/fluke-a3001-fc.htm?pid=78520>. Päivitetty 2017. Luettu 28.10.2017.
- 8 Saastamoinen, Arto ja Saarelainen, Kimmo 2012. Rakennusten sähköasennusten tarkastukset. ST-käsikirja 33. Sähkötieto ry. Päivitetty 2012. Luettu 20.9.2017.
- 9 Lämpökamerat. 2012. Verkkodokumentti. Fluke. <<http://www.fluke.com/fluke/fifi/lampokamerat/ti125.htm?pid=73872>>. Päivitetty 2012. Luettu 28.10.2017.
- 10 Vikavirtasuojat. 2015. Verkkodokumentti. Siemens. <http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/pienjannitekojeet/kytkenta_suojaus_ja_ohjaus/vikavirtasuojat.htm>. Päivitetty 2015. Luettu 29.10.2017
- 11 Hovatta, Tauno ja Kauppi, Veijo 2016. Sähköremontti. Sähköinfo Oy.
- 12 Sähköisku ja ensiapu. 2011. Verkkodokumentti. Sähköala.fi. <www.sahkoala.fi/koti/sahkoturvallisuus/fi_FI/sahkoisku_ja_ensiapu>. Päivitetty 15.3.2011. Luettu 10.1.2018.

- 13 Saarelma, Osmo. 2017. Sähkön aiheuttamat vammat (sähköisku). Duodecim terveyskirjasto. <http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk00334>. Päivitetty 4.3.2017. Luettu 10.1.2018
- 14 Linja-aho, Vesa. 2017. Valokaarivikasuoja suosittelaa estämään tulopaloja. Elektroniikkalehti. <<http://etn.fi/index.php/13-news/6066-valokaarivikasuoja-suositellaan-estamaan-tulipaloja>>. Päivitetty 24.3.2017. Luettu 12.1.2018
- 15 AFDD. 2017. Verkkodokumentti. Sähköala.fi. <http://www.sahkoala.fi/ammattilaiset/Asennussuosituksset/suojausmenetelmat/fi_FI/1-2_1-2016/>. Päivitetty 2.1.2017. Luettu 12.1.2018.
- 16 SFS 6000 Pienjännitesähköasennukset, osa 4-42: Suojausmenetelmät. Suojaus lämmön vaikutuksilta. 4. painos. 2017. SESKO ry.
- 17 Valokaari-ilmiö. Verkkodokumentti. Tukes. <<http://www.tukes.fi/sahkoturvallisuus100/sts100/valokaari.html>>. Luettu 15.1.2018
- 18 Huoneiston sähkölaitteet ovat pääasiassa taloyhtiön vastuulla. Verkkodokumentti. Sähköala.fi. <http://www.sahkoala.fi/koti/linjasaneeraus/fi_FI/sahkot_taloyhtion_vastuulla/>. Päivitetty 9.3.2015. Luettu 16.1.2018.
- 19 AFDD+ -valokaarisuojalaite. Verkkodokumentti. Eaton. <<http://www.eaton.fi/EatonFI/ProductsSolutions/Electrical/TuotteetPalvelut/VirtapiirinSuojaus/AFDDvalokaarisuojalaite>>. Luettu 15.1.2018
- 20 Kuolemaan johtaneet sähkötapaturmat. Verkkodokumentti. Tukes. <<http://www.tukes.fi/fi/Rekisterit/sahko-ja-hissit-rekisterit/sahkotapaturmat/kuva-sahkotapaturmat>>. Päivitetty 28.6.2017. Luettu 17.1.2018.
- 21 Tukes-ohje 16/2017. Verkkodokumentti. Tukes. <<http://www.tukes.fi/fi/Palvelut/Tukes-ohjeet/1Sahko-ja-hissit/Tukes-ohje-162017-Sahkolaitteistot-ja-tarkastukset/>>. Päivitetty 10.1.2017. Luettu 20.1.2018.
- 22 Sähköpalot ja turvallisuus. Verkkodokumentti. Sähköala.fi. <http://www.sahkoala.fi/kiinteistoala/sahkopalot_ja_turvallisuus/fi_FI/sahkopalot_ja_turvallisuus/>. Luettu 20.1.2018.