

SAVONIA

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

SÄHKÖASENNUSTEN KÄYTTÖÖN- OTTOTARKASTUKSET

TEKIJÄ Valteri Väyrynen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä Valtteri Väyrynen	
Työn nimi Sähköasennusten käyttöönottotarkastukset	
Päiväys 21.4.2023	Sivumäärä/Liitteet 42/11
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) SähköRami oy	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Ennen kuin uusi sähköasennus tai vanhan olemassa olevan asennuksen lisäys tai muutos otetaan käyttöön, tulee sille tehdä käyttöönottotarkastus. Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä tilaajalle sähköurakkaan kuuluvat käyttöönottotarkastukset sekä niiden dokumentointi Iisalmen terveystampuksen peruskorjaustyömaalla.</p> <p>Tyypiltään opinnäytetyö oli toiminnallinen ja projektimainen. Ennen käyttöönottotarkastuksien aloittamista laadittiin kohteen sähkövalvojen sähköasennusten mittausuunnitelma. Sähköasennusten käyttöönottotarkastukset ja -mittaukset suoritettiin standardin SFS 6000-6:2022 mukaisesti, ja lisäksi kohteessa olleiden lääkintätilojen sekä paloilmoinlaitteiston tarkastukset suoritettiin niitä koskevien määräysten mukaisesti. Työhön sisältyi myös kohteen sähköselostuksessa vaadittujen sähköasennusten ja -laitteiden merkintöjen tekeminen ja asettaminen, sekä työvaiheiden ja tarkastusten menettelytavat ja läpikäyminen kohteen sähkövalvojen kanssa.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena tilaajalle valmistui hyväksytyt käyttöönottotarkastukset sekä pöytäkirjat ja lääkintätilojen kohdekortit. Tätä opinnäytetyötä mittausuunnitelmiseen voidaan käyttää ohjeena ja muistin tukena tulevissa käyttöönottotarkastuksissa.</p>	
Avainsanat käyttöönottotarkastus, standardi, SFS 6000, lääkintätila	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Electrical and Automation Engineering	
Author Valtteri Väyrynen	
Title of Thesis Commissioning Inspections of Electrical Installations	
Date 21 April 2023	Pages/Appendices 42/11
Client Organisation /Partners SähköRami oy	
<p>Abstract</p> <p>Before a new electrical installation or an addition or change to an old existing electrical installation is put into operation, it must be commissioned. The goal of this thesis was to carry out commissioning inspections performed for the customer as part of the electrical contract and their documentation at the renovation site of the Iisalmi health campus.</p> <p>The type of thesis was functional and project-like. Before starting the commissioning inspections, a measurement plan for electrical installations was drawn up for the site's electrical supervisors. Commissioning inspections and measurements of electrical installations were performed in accordance with the standard SFS 6000-6:2022, and in addition, inspections of the medical facilities and fire alarm equipment at the site were performed in accordance with the relevant regulations. The work also included making and placing the markings of the electrical installations and equipment required in the site's electrical report, as well as reviewing the work steps and inspection procedures and reviewing them with the site's electrical supervisors.</p> <p>As a result of the thesis, the customer completed the approved commissioning inspections as well as the protocol and the target cards for the medical facilities. This thesis, together with the measurement plan, can be used in later projects as a guide and memory support in future commissioning inspections.</p>	
<p>Keywords</p> <p>commissioning inspection, standard, SFS 6000, medical facilities</p>	

ESIPUHE

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli saavuttaa niin sanottu "win-win tilanne"; minä sain opinnäytetyön aiheen ja SähköRami oy sai kohteeseensa käyttöönottotarkastukset tehtyä minun toimestani. Molempiin tavoitteisiin päästiin, ja tästä syystä haluan kiittää koko SähköRamin henkilökuntaa kulu-neista kymmenestä vuodesta, jotka yrityksessä vietin, erityiskiitokset Arto Toivaselle ihan kaikesta. Kiitokset myös ohjaavalle opettajalle Sami Tiilikaiselle ohjauksesta sekä muutenkin mainiosta ja käytännönläheisestä opetuksesta.

Suuret kiitokset myös perheelleni jaksamisesta ja kannustamisesta niin opiskelujen aikana kuin elämässä ylipäänsä.

Runnilla 21.4.2023

Valtteri Väyrynen

SISÄLTÖ

ESIPUHE.....	4
KÄSITTEET JA LYHENTEET	7
1 JOHDANTO	8
2 KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUKSET.....	9
2.1 Aistinvarainen tarkastus	9
2.2 Testaukset.....	9
2.3 Suojajohtimien jatkuvuusmittaus	9
2.4 Eristysresistanssin mittaus	10
2.5 Syötön automaattinen poiskytkentä.....	11
2.6 Napaisuus ja kiertosuunnan tarkistus	12
2.7 Jännitteenalenema	13
2.8 Lääkintätilat.....	13
2.9 Paloilmoitinjärjestelmä	16
3 MITTAUKSET JA TARKASTUKSET KOHTEESSA	17
3.1 Kuvaus kohteesta.....	17
3.2 Aistinvarainen tarkistus	17
3.3 Suojajohtimen jatkuvuus	18
3.4 Eristysresistanssin mittaus	20
3.5 Syötön automaattinen poiskytkentä.....	20
3.6 Napaisuus ja kiertosuunnan tarkistus	22
3.7 Lääkintätilat.....	23
3.8 Paloilmoitinjärjestelmä	25
3.9 Dokumentointi	26
4 YHTEENVETO.....	30
LÄHTEET	31
LIITE 1: MITTAUSSUUNNITELMA.....	32

KUVALUETTELO

KUVA 1 Suojajohtimen jatkuvuuden mittaaminen (Väyrynen, 2023).	10
KUVA 2 Eristysvastuksen mittaaminen (Väyrynen, 2023).	11
KUVA 3 Esimerkki hoitoalueesta (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, 2022).	15
KUVA 4 Periaate opinnäytetyön kohteen lääkintätilojen potentiaalintasauksesta (Väyrynen, 2023).	15
KUVA 5 Iisalmen sairaalan A-rakennus (Väyrynen, 2023).	17
KUVA 6 Tämän näköisiä keskuksia kelpasi ihastella (Väyrynen, 2023).	18
KUVA 7 Apujohdinkela kytkettynä jakokeskuksen yläpuolella olevaan maadoituskiskoon (Väyrynen, 2023).	19
KUVA 8 Erään pistorasian jatkuvuusmittauksen tulos (Väyrynen, 2023).	19
KUVA 9 Pistorasiaryhmä eristysvastuksen mittaus (Väyrynen, 2023).	20
KUVA 10 Pistorasiaryhmän silmukkaimpedanssin, oikosulkuvirran ja jännitteenaleneman mittaus (Väyrynen, 2023).	21
KUVA 11 Pistorasiaryhmän vikavirtasuojakytkimen toiminnan mittaus (Väyrynen, 2023).	22
KUVA 12 Kolmivaiheisen pistorasian pyörimissuunnan tarkastus; vaihejärjestys näytön oikeassa reunassa (1. 2. 3.). Mittarissa kiinni kolmivaihepistorasian mittauksessa käytettävä adapteri.	23
KUVA 13 Lisäpotentiaalintasauskisko tilan alakaton yläpuolella ja alapuolella sen merkintäkilpi (Väyrynen, 2023).	24
KUVA 14 Tilan A3069 G1-mittaustulokset (Väyrynen, 2023).	24
KUVA 15 Kohteen paloilmoitinkeskukset, vasemmalla tämän saneerauksen yhteydessä lisätty Esmi FDP (Väyrynen, 2023).	25
KUVA 16 Kuvakaappaus paloilmoitinkonfiguroinnista Fire Expert-ohjelmasta (Väyrynen, 2023).	26
KUVA 17 Esimerkki pistorasian merkinnöistä; yläpuolella kaiverrettu kilpi ja alapuolella tarra (Väyrynen, 2023).	27
KUVA 18 Etualalla palopainikkeen erilliskyltti, taustalla seinällä palokello ja sen erilliskyltti (Väyrynen, 2023).	28
KUVA 19 Kaavio käyttöönottotarkastuksista (Väyrynen, 2023).	29

KÄSITTEET JA LYHENTEET

johtava osa	osa, joka voi johtaa sähkövirtaa
jännitteinen osa	normaalikäytössä virtapiiriin kuuluva johdin tai johtava osa nollajohdin mukaan luettuna. PEN-johdinta, PEM-johdinta ja PEL-johdinta lukuun ottamatta
kaapeli	tehdasvalmisteinen rakenne, joka koostuu yhdestä tai useammasta johtimesta ja niitä mahdollisesti ympäröivistä suojakerroksista
maadoitusjärjestelmä	kaikki sähköiset kytkennät ja laitteet, jotka muodostavat järjestelmän, laitteiston ja laitteen maadoituksen
nollajohdin	järjestelmän nollapisteeseen sähköisesti yhdistetty johdin, joka kykenee osallistumaan sähköenergian siirtoon
oikosulkuvirta	määrätyssä oikosulussa esiintyvä sähkövirta
PEN-johdin	johdin, joka toimii samalla sekä suojamaadoitus- että nollajohtimena
potentiaalintasauskisko	kisko, joka on osa potentiaalintasausjärjestelmää ja johon voidaan liittää potentiaalintasaukseen käytettäviä johtimia
ryhmäjohto	virtapiiri, joka on tarkoitettu kytkettäväksi suoraan kulutuskojeeseen tai pistorasiaan
suojaus sähköiskulta	menettelyt, joilla vähennetään sähköiskun riskiä
syötön automaattinen poiskytkentä	vikatilanteesta johtuva suojalaitteen automaattisen toiminnan aiheuttama yhden tai useamman äärijohtimen poiskytkentä
TN-C-järjestelmä	nolla- ja suojamaadoitusjohtimet on yhdistetty yhteen johtimeen osassa järjestelmää
TN-S-järjestelmä	erilliset suojamaadoitusjohtimet koko järjestelmässä
vikavirta	eristysviasta johtuva vikapaikan määrätyn pisteen kautta kulkeva virta
vikavirtasuoja	mekaaninen kytkinlaite, joka on rakennettu kytkemään, johtamaan ja katkaisemaan virtoja normaalissa toiminnassa ja aukaisemaan kytkentä silloin, kun summavirta saavuttaa annetun arvon määritellyissä olosuhteissa
ylivirta	sähkövirta, joka ylittää mitoitusvirran
äärijohdin	johdin, joka on normaalitilanteessa jännitteinen ja kykenee osallistumaan sähköenergian siirtoon, mutta ei ole nolla- tai keskijohdin

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä tarkastellaan sähköasennusten käyttöönottotarkastuksia ja -mittauksia sairaalarakennuksen (3820 m²) saneerauskohteessa. Lisäksi tarkastellaan myös paloilmoitinlaitteiston käyttöönottoa ja ohjelmointia. Suoritetuista tarkastuksista ja mittauksista tehtiin myös käyttöönottopöytäkirjat sekä asennustodistukset.

Sähköasennusten käyttöönottotarkastuksissa noudatetaan standardia SFS 6000-6:2022. Kohteessa on myös lisäksi lääkintätiloja (G1-luokka), joiden käyttöönottotarkastuksissa noudatetaan standardia SFS 6000-7-710:2022. Lisäksi kohteen tarkastuksissa ja mittauksissa lähteenä käytettiin myös muita ST-kortteja ja käsikirjoja.

Opinnäytetyö tehtiin iisalmelaiselle sähköliike SähköRami oy:lle. SähköRami oy työllistää noin 30 työntekijää ja toiminta-alueena on pääasiassa Pohjois-Savo. Yrityksen asiakkaita ovat kunnalliset rakennuttajat, yksityiset tahot sekä erilaiset yritykset (SähköRami-yritys, 2023).

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on ilmentää, mitä insinöörityö kenttäoloissa on tällaisen kohteen käyttöönottotarkastuksissa. Tätä opinnäytetyötä sekä liitteenä olevaa mittaussuunnitelmaa voi käyttää myös ohjeena ja/tai muistin tukena tulevissa käyttöönottotarkastuksissa.

2 KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUKSET

Aina ennen kuin uusi asennus tai olemassa olevan asennuksen lisäys tai muutos otetaan käyttöön, tehdään käyttöönottotarkastus. Kun käyttöönottotarkastus tehdään standardin SFS 6000-6:2022 mukaan, saavutetaan valtioneuvoston asetuksen 1437/2017 (Finlex, 2016) mukaiset olennaiset turvallisuusvaatimukset.

Henkilön, joka tekee standardin SFS 6000-6:2022 mukaisia käyttöönottotarkastuksia, tulee olla riittävän ammattitaitoinen. Hänen tulee tuntea kyseiseen työhön liittyvät ohjeet ja määräykset riittävässä laajuudessa sekä hänen tulee olla sähköalan ammattilainen (Kauppila & Saarelainen, 2018, s. 9).

2.1 Aistinvarainen tarkastus

Aistinvarainen tarkastus ajoittuu asennettavasta kohteesta tai tehtävästä työstä riippumatta koko työsuorituksen ajalle. Yleisesti aistinvaraisten tarkastusten kohteena ovat kosketus- ja palosuojaus, mekaaniseen ja vettä vastaan tehty suojaus, merkinnät sekä dokumentointi, mutta myös monet tapauskohtaiset vaatimukset. Lisäksi tarkastetaan, että kaikki asennukset ovat siistit sekä kaikkienensa hyvien asennustapojen mukaisesti tehtyjä (Kauppila & Saarelainen, 2018, s. 11).

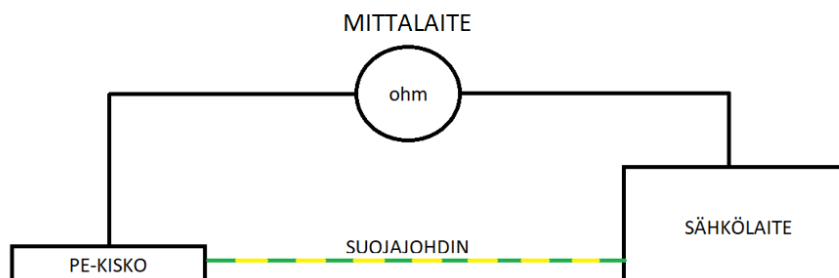
2.2 Testaukset

Käyttöönottotarkastuksiin liittyy erilaisia mittauksia ja toimintatestejä. Mittaamalla todetaan eristysresistanssi, suojajohtimen jatkuvuus, oikosulkuvirta, kiertosuunta, silmukkaimpedanssi sekä vikavirtasuojaus. Jotkin mittauksista pystytään korvaamaan laskennallisesti osoitettujen arvojen perusteella, mutta näissäkin tapauksissa on hyvä todeta tarkistusmittauksilla pistokoeluoontoisesti laskettujen tulosten paikkansapitävyys; näin varmistetaan, että laskennoissa käytetyt arvot ovat olleet oikeita.

Standardissa edellytetään myös, että käytettävät mitta- ja tarkastuslaitteet sekä menetelmät ovat oltava EN-61557-standardisarjan asianomaisen osan mukaisia (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, 2022, s. 8) a. Tämän kohteen mittauksissa käytetään Metrel MI-3100 SE – käyttöönottotesteriä sekä Kaise SK-7661 – pihtivirtamittaria.

2.3 Suojajohtimien jatkuvuusmittaus

Suojajohtimiksi luokiteltuja johtimia ovat maadoitusjohtimet, suojamaadoitusjohtimet, PEN-johtimet sekä potentiaalintasausjohtimet. Suojajohtimen jatkuvuus tulee testata laitekohtaisesti, eli esimerkiksi pistorasiaryhmässä täytyy jatkuvuus varmistaa jokaisesta pistorasiasta. Kun mitataan TN-S-järjestelmää, tulee suojamaadoitus- ja nollajohtimen yhdistys irrottaa mittausten ajaksi. Jos yhdistys jätetään irrottamatta, nolla- ja suojamaadoitusjohtimen vaihtumista keskenään ei voi havaita mittaamalla (Kauppila & Saarelainen, 2018, s. 19). Suojajohtimen jatkuvuus mitataan jännitteettömästä piiristä, ja mittaus tehdään vähintään 200 mA testivirralla (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, 2022, s. 9). Mittaus suoritetaan kuvan 1 mukaisesti.



KUVA 1 Suojajohtimen jatkuvuuden mittaaminen (Väyrynen, 2023).

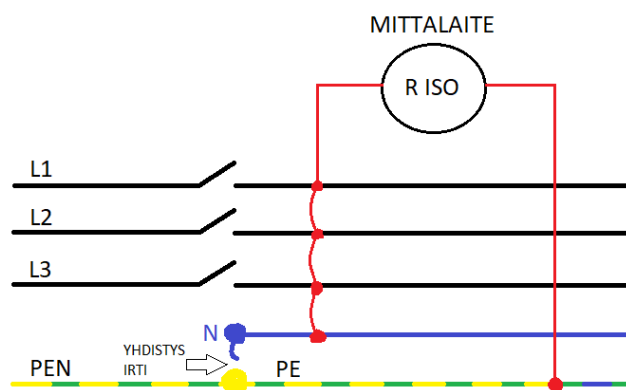
2.4 Eristysresistanssin mittaus

TN-S-järjestelmässä eristysresistanssilla tarkoitetaan äärijohtimien L1, L2, L3 ja N sekä maadoitetun suojajohtimen PE välistä resistanssia (kuva 2). Tällä mittauksella voidaan havaita mahdolliset viat kaapeleiden eristeissä. Nämä viat voivat olla valmistusvikoja tai ne voivat aiheutua asennus- ja rakennusvaiheessa (ruuvit, naulat, hankaumat ym.). Jos vaihejohtimen eriste rikkoutuu, voi se aiheuttaa esimerkiksi ruuvin tai naulan jäämisen jännitteiseksi tai oikosulun virtapiirissä.

Samoin kuin suojajohtimen jatkuvuus, mitataan myös eristysresistanssi jännitteettömästä piiristä, ja myös tässä mittauksessa tulee suojamaadoitus- ja nollajohtimen yhdistys irrottaa. Mittausjännitteenä käytetään normaalisti 500 V tasajännitettä. Jos mittaukseen sisältyviin piireihin kuuluu elektronisia laitteita, ylijännitesuojia tai muita sellaisia laitteita, jotka voivat rikkoutua tai vaikuttaa testin tuloksiin, tulee ne erottaa ennen mittausta. Jos näiden erottaminen on kohtuuttoman hankalaa, voidaan testijännite pienentää 250 V tasajännitteeseen. Taulukossa 1 ovat eristysresistanssin pienimmät sallitut arvot (Kauppila & Saarelainen, 2018, s. 23).

TAULUKKO 1 Eristysresistanssin pienimmät sallitut arvot (Kauppila & Saarelainen, 2018)

Virtapiirin jännitejärjestelmä tai nimellijännite	Koejännite (tasajännite) V	Eristysresistanssin minimiarvo MΩ
SELV ja PELV	250	0,5
Enintään 500V FELV mukaan luettuna	500	1,0
Yli 500V	1000	1,0



KUVA 2 Eristysvastuksen mittaaminen (Värynen, 2023).

2.5 Syötön automaattinen poiskytkentä

Syötön automaattinen poiskytkentä testataan mittaamalla vaiheen ja suojajohtimen välinen silmukkaimpedanssi. Mittaus tehdään jännitteellisenä kunkin ryhmän epäedullisimmasta pisteestä, nämä pisteet ovat yleensä pisimpien ryhmäjohtojen päätekohtissa. Nimellisjännitteen arvoa hyväksi käyttäen voidaan laskea oikosulkuvirran arvo, tai asennustesteri suorittaa laskutoimitukset itse (Kauppila & Saarelainen, 2018, ss. 30, 32).

Normaalissa kiinteistön pienjänniteverkossa on kaksi annettua suojalaitteen toiminta-aika-arvoa, 0,4 sekuntia ja 5 sekuntia. 5 sekunnin laukaisuaikaa saadaan käyttää jakokeskuksia syöttävillä johdoilla, sekä ryhmäjohtoilla, jotka syöttävät yli 32 A:n kiinteitä asennuksia. SFS 6000-4-41:2022 standardi edellyttää pistorasiaryhmissä 63 A:iin asti 0,4 sekunnin poiskytkentäaikaa. Muissa tapauksissa laukaisujan tulee olla maksimissaan 0,4 sekuntia (Kauppila & Saarelainen, 2018, s. 32). Taulukoissa 2 ja 3 esitetään johdonsuojakatkaisijoiden sekä gG-sulakkeiden pienimmät toimintavirrat ja vaaditut mitatut arvot.

Jos vikasuojaus on toteutettu vikavirtasuojakytkimellä, ei oikosulkuvirran tai silmukkaimpedanssin mittaamista vaadita; vikavirtasuojakytkimen toiminta tulee kuitenkin testata. Palosuojauksen takia mitataan kuitenkin vaiheen ja nollajohtimen välinen silmukkaimpedanssi.

Vikavirtasuojakytkin testataan painamalla testauspainiketta, ja sen jälkeen mittaamalla toimintavirta ja laukaisuaika. Toimintavirran tulee olla 0,5–1 kertainen nimelliseen toimintavirtaan (Kauppila & Saarelainen, 2018, s. 34).

TAULUKKO 2 Johdonsuojakatkaisijoiden pienimmät toimintavirrat ja vaaditut mitatut arvot (Kauppila & Saarelainen, 2018).

Nimellis- virta	B-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo	C-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo	K ja G- tyypit 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo	D-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo
A	A	A	A	A	A	A	A	A
6	30	37,5	60	75	84	105	120	150
10	50	62,5	100	125	140	175	200	250
16	80	100	160	200	224	280	320	400
20	100	125	200	250	280	350	400	500
25	125	156,3	250	312,5	350	437,5	500	625
32	160	200	320	400	448	560	640	800
50	250	312,5	500	625	700	875	1000	1250
63	315	393,8	630	787,5	882	1102,5	1260	1575
80	400	500	800	1000	1120	1400	1600	2000
125	625	781,3	1250	1562,5	1750	2187,5	2500	3125

TAULUKKO 3 gG-sulakkeiden pienimmät toimintavirrat ja vaaditut mitatut arvot (Kauppila & Saarelainen, 2018).

Nimellisvirta	gG-sulake 0,4 s	Vaadittu mitattu arvo	gG-sulake 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo
A	A	A	A	A
2	16	20	9	11,3
4	32	40	18	22,5
6	46,5	58,2	28	35
10	85	102,5	46,5	58,2
16	110	137,5	65	81,3
20	145	181,3	85	106,3
25	180	225	110	137,5
32	270	337,5	150	187,5
35	287	359	165	206,3
40	315	393,8	190	237,5
50	470	587,5	250	312,5
63	550	687,5	320	400
80	840	1050	425	531,3
100	1000	1250	580	725
125	1450	1812,5	715	893,8
160	1600	2000	950	1187,5
200	2100	2625	1250	1562,5
250	2800	3500	1650	2062,5
315	3700	4625	2200	2750
400	4800	6000	2840	3550
500	6400	8000	3800	4750
630	8500	10625	5100	6375

2.6 Napaisuus ja kiertosuunnan tarkistus

Yksinapaisten kytkinlaitteiden asentaminen nollajohtimeen on kielletty. Standardissa tämän asian varmistaminen on määritelty käyttöönottotarkastukseen liittyväksi toimenpiteeksi. Tämän asian varmistaminen on käytännössä tehtävä kytkinlaitetta asennettaessa. Näin ollen tarkastuksen suorittaminenkin jää näissä tapauksissa kytkinlaitetta asentavan tai häntä valvovan henkilön tehtäväksi. Kun asennuksen tekee muu kuin sähköalan ammattilainen, esim. työssä oppija tai työharjoittelija, tarkastus kuuluu valvovan henkilön tehtäväksi (Kauppila & Saarelainen, 2018, s. 34).

Kiertosuunnan säilyminen on tarkistettava moninapaisissa piireissä. Vaikka keskuksesta ei lähtisi yhtään monivaiheista ryhmäjohtoa, on kiertosuunta tästä huolimatta tarkistettava. Kolmivaiheisten pistorasioiden kiertosuunnan testauksiin suositellaan valmiita pistotulpan sisään rakennettuja testilaitteita. Näin tehdään siitäkin syystä, että kyseiset pistorasiat ovat usein suojattu vikavirtasuojakytkimillä, ja valmiilla testilaitteella vältetään erheellisiltä vikavirtasuojan laukeamisilta (Kauppila & Saarelainen, 2018, ss. 34-35).

2.7 Jännitteenalenema

Jos vaaditaan standardin SFS 6000-5-52 luvun 525 mukaisuutta, jännitteenalenema on tarkastettava mittaamalla tai laskemalla. Mittaukset voivat olla

- jännitteen vertailu suunnitellun kuorman ollessa kytkettynä ja ilman kuormitusta
- jännitteen vertailu tiedossa olevan kuormituksen ollessa kytkettynä ja ilman kuormitusta ja laskettuna suunniteltuun kuormitukseen
- piirin impedanssin arvon mittaaminen. (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, 2022, s. 14).

Jännitteenalenema liittymispisteen ja minkään kuormituspisteen välillä ei pitäisi olla suurempi kuin taulukon 4 arvot verrattuna asennuksen nimellisjännitteeseen (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, 2022, s. 62).

TAULUKKO 4 Jännitteenalenema (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, 2022)

Asennuksen tyyppi	Valaistuskäyttö %	Muu käyttö %
A – Pienjänniteasennus, joka on syötetty suoraan yleisestä jakeluverkosta	3	5
B – Pienjänniteasennus, joka on syötetty yksityisestä pienjänniteteholähteestä ^a	6	8

^a Suositellaan, että niin pitkälle kuin mahdollista ryhmäjohtojen jännitteenalenema ei ylitä asennustyyppille A annettuja arvoja. Kun asennuksen pääjohdot ovat pitempiä kuin 100 m, näitä jännitteenalenemia voidaan kasvattaa 0,005 % johdon 100 m ylittävän pituuden metriä kohti. Ilman tätä lisäystä se ei saa olla suurempi kuin 0,5 %.

Jännitteenalenema määritellään sähkölaitteen tehontarpeen mukaan käyttäen soveltuvin osin tasoituskertoimia, tai käyttäen piirien suunniteltuja virtoja.

2.8 Lääkintätilat

Lääkintätila on tila, joka on tarkoitettu potilaiden diagnostisointiin, hoitoon, valvontaan ja hoivaan sähkökäyttöisten lääkintälaitteiden avulla. Psykiatrisen hoidon tilat eivät välttämättä ole lääkintätiloja, mikäli potilaalla ei ole käytössään sähkökäyttöistä lääkintälaitetta tai häntä ei hoideta sellaisella. Potilas on elävä olento, ihminen tai eläin, jolle tehdään lääketieteellinen, kirurginen tai hammaslääketieteellinen toimenpide.

Sähkökäyttöinen lääkintälaitte on sähkökäyttöinen laite, jossa on liitäntäosa tai joka siirtää energiaa potilaaseen tai potilaasta ja ilmaisee tällaista energian siirtymistä, ja joka on

- a) vain yhdellä liittymällä yhteydessä erityiseen syöttöverkkoon
- b) valmistajan mukaan tarkoitettu käytettäväksi
 - o potilaan tilan määrittämiseen, hoitoon tai valvontaan
 - o sairauden, vamman tai haitan parantamiseen tai lievittämiseen.

Sähkökäyttöinen lääkintälaitte sisältää ne valmistaja määrittelemät lisävarusteet, jotka ovat välttämättömiä laitteen normaalikäytölle (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, 2022, s. 7).

Lääkintätilat jaetaan käyttötarkoituksensa mukaisesti kolmeen pääryhmään: 0, 1 ja 2. Lääkintätilan ryhmän valinta riippuu sähkökäyttöisen lääkintälaitteen liityntäosan ja potilaan välisestä kosketuksesta sekä lääkintätilan käyttötarkoituksesta.

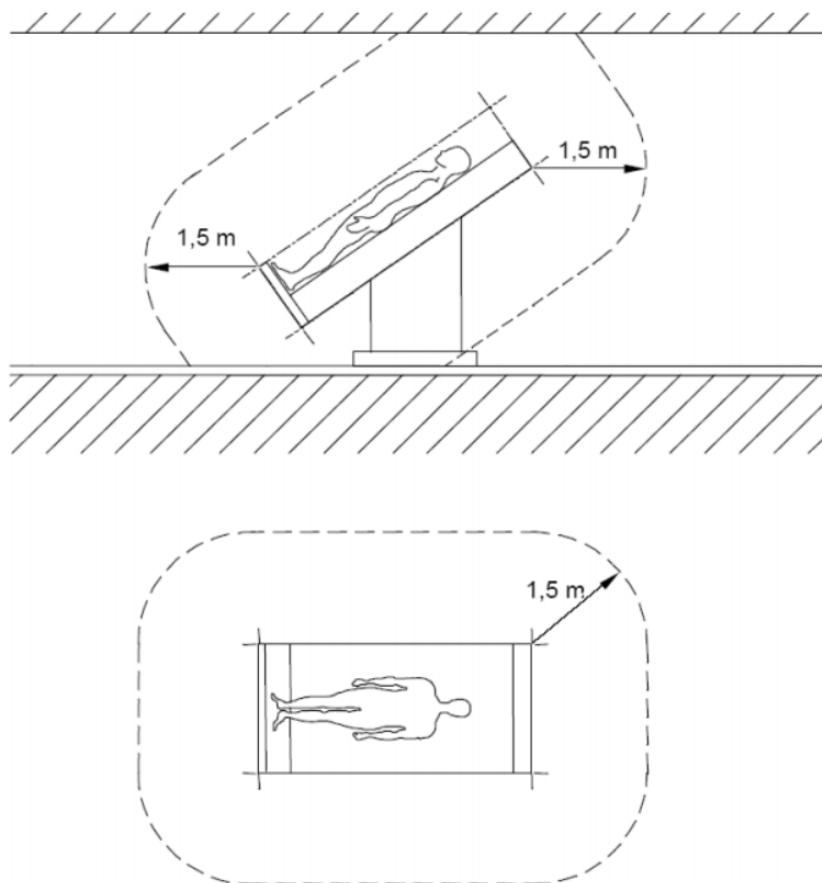
- Ryhmä 0 (G0) on lääkintätila, jossa ei ole tarkoitus käyttää sähkökäyttöisiä lääkintälaitteita tai lääkintälaittejärjestelmiä (T.mi T.Säisä, 2023, s. 4).

- Ryhmä 1 (G1) on lääkintätila, jossa sähkönsyötön keskeytys (esim. syötön poiskytkentä vian takia) ei aiheuta uhkaa potilaan turvallisuudelle ja sähkökäyttöisen lääkintälaitteen liityntäosia on tarkoitus käyttää
 - o ihon ulkopuolisesti
 - o ihon sisäisesti mihin tahansa kehon osaan, ellei kyseessä ole ryhmän 2 soveltamisalue (T.mi T.Säisä, 2023, s. 4).

- Ryhmä 2 (G2) on lääkintätila, jossa sähkökäyttöisten lääkintälaitteiden liityntäosia on tarkoitus käyttää sellaisiin sovelluksiin kuin
 - o sydämenläheisiin toimintoihin
 - o leikkaussalikäyttöön tai tehohoitoon, joissa sähkönsyötön keskeytys (vika) voi aiheuttaa välittömän vaaran potilaalle (T.mi T.Säisä, 2023, s. 4).

Jokaisessa ryhmän 1 ja 2 lääkintätilassa on tehtävä lisäpotentiaalintasaus, ja lisäpotentiaalintasausjohtimilla on potentiaalierojen tasaamiseksi liitettävä potentiaalintasauskiskoon seuraavat hoitoalueella (kuva 3) olevat osat:

- muut johtavat osat
HUOM. Lisäpotentiaalitasaukseen on liitettävä muut osat, jotka voivat olla yhteydessä neutraalin maan potentiaaliin. Sellaisia osia, joiden ei katsota olevan yhteydessä maahan ovat esimerkiksi käsipyyhetelineet, saippuatelineet, verhojen ripustuskiskot, johtokanavien kannet, kosketusetäisyyden ulkopuolella olevat metalliset alakatot jne. Sairaaloilla voi olla omia ohjeita.
- häiriökenttien suojuukset, jos sellaisia on asennettu
- johtavien lattioiden verkot, ristikot ja kalvot, jos sellaisia on asennettu
- erotusmuuntajan mahdollinen metallinen sähköinen suoja, kaapelivaipat jne. suoraan suojajohtimeen (T.mi T.Säisä, 2023, s. 10). Kuvassa 4 on esitetty periaate opinnäytetyön kohteen lääkintätilojen potentiaalintasauksesta.



IEC 2431/05

KUVA 3 Esimerkki hoitoalueesta (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, 2022).

G1-LÄÄKINTÄTILOJEN LISÄPOTENTIALINTASAKISKOT

●	MK-HF 25 KEVI	ALUEEN JAKOKESKUKSEN LISÄPOTENTIALINTASAKISKOLTA
●	MK-HF 6 KEVI	JOHTOKANAVAT
●	MK-HF 6 KEVI	SÄHKÖÄ JOHTAVAT OSAT, JOITA VOIDAAN KOSKETELLA
●	MK-HF 6 KEVI	VESIKALUSTEET
●	MK-HF 6 KEVI	LÄMPÖLINJAT
●	MK-HF 6 KEVI	PEILIKAAPIT
●	MK-HF 6 KEVI	TUTKIMUSVALAISIMET
●	MK-HF 6 KEVI	LAITEKISKOT
●	MK-HF 6 KEVI	VALAISIMET HOITOALUEELLA
●	MK-HF 6 KEVI	

KUVA 4 Periaate opinnäytetyön kohteen lääkintätilojen potentiaalintasauksesta (Väyrynen, 2023).

Potentiaalintasauskiskon on sijaittava jokaisessa ryhmän 1 ja 2 lääkintätilassa tai sen lähellä. Liitännöiden on oltava luokse päästävissä, merkittyjä, helposti nähtävissä ja helposti yksittäin irrotettavissa. Viimeisimmissä standardeissa ei ole annettu suojajohtimen resistanssivaatimukselle selkeitä raja-arvoja ryhmien 1 ja 0 tiloissa. Lääkintätilojen suunnittelussa ja toteutuksessa voi kuitenkin olla syytä noudattaa seuraavia ohjeellisia arvoja:

- Ryhmä 1 0,2 Ω
- Ryhmä 0 1 Ω

Ryhmä 1 tiloissa voidaan hyväksyä joissakin tilanteissa suurempikin (kuitenkin alle 0,5 Ω) mittaustulos esimerkiksi hoitoalueen ulkopuolella, pitkissä valaistusryhmäjohtoissa tms. Ryhmän 2 lääkintätiloissa resistanssi ei saa ylittää 0,2 Ω (T.mi T.Säisä, 2023, s. 12).

2.9 Paloilmoitinjärjestelmä

Paloilmoitinliike suorittaa asennustarkastuksen (oman työn tarkastuksen), jonka yhteydessä se tarkastaa tekemänsä paloilmittimen asennustyön. Asennustarkastuksella paloilmoitinliike varmistaa asennetun laitteiston toiminnallisuuden sekä rakentamiselle asetettujen vaatimusten täyttymisen (laitelain 7 §). Tarkastus pitää sisällään myös paloilmittimen luotettavuuden arvioinnin siten, että toteutuksessa on huomioitu asennuskohteen käyttötarkoitus sekä liitännäisten laitteiden yhteensopivuus.

Suorittamansa tarkastuksen perusteella asennusliikkeen vastuuhenkilö laatii ja allekirjoittaa asennustodistuksen, josta tulee ilmetä tarvittavien yksilöintitietojen ja testaustulosten lisäksi, että laitteisto täyttää laitelaisissa ja rakentamisessa esitetyt vaatimukset. Tarkastuslaitoksen suorittamaa tarkastusta kutsutaan käyttöönottotarkastukseksi (Hovinen, ym., 2020, s. 159).

3 MITTAUKSET JA TARKASTUKSET KOHTEESSA

3.1 Kuvaus kohteesta

Työn kohteena oli Iisalmessa sijaitsevan terveystieteiden A-rakennuksen (bruttopinta-ala 3820 m²) peruskorjaus. Kuvassa 5 rakennuksen julkisivu. Kohteeseen tehtiin ennen aloittamista mittaus-suunnitelma sähkövalvojille (liite 1).



KUVA 5 Iisalmen sairaalan A-rakennus (Väyrynen, 2023).

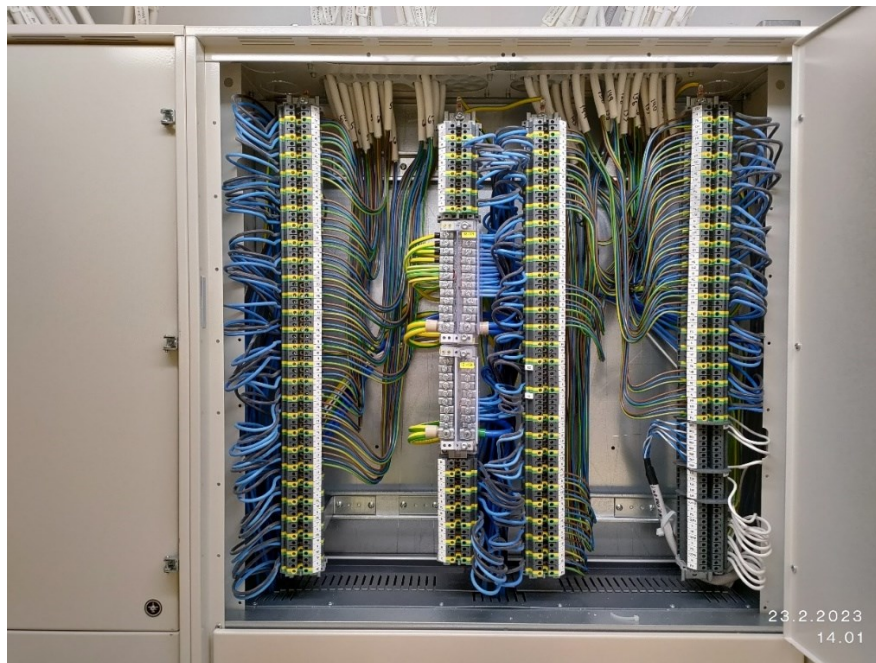
3.2 Aistinvarainen tarkistus

Koska työn aiheena oleva terveystieteiden kampus oli saneerauskohteeseen sekä osittain asiakaskäytössä koko työskentelyn ajan, aistinvarainen tarkastelu oli erityisen tärkeässä asemassa koko työmaan ajan. Esimerkiksi asiakkaiden kulkureitit olivat osittain työmaa-alueella, joissa asennukset olivat kesken kaikilta toimijoilta; näille alueille ei voinut esimerkiksi jättää kaapeleita nipulle odottamaan vaan asennukset täytyi tehdä kentän päästä valmiiksi kerralla (kalustaminen, rasiointi). Näissä osissa rakennusta myös valaistuksen oli oltava koko työmaan ajan toiminnassa, eli toimenpiteet sähkötyöiden osalta näiden osastojen kohdalla täytyi valmistella ja ennakoita erityisen hyvin.

Aistinvarainen tarkastus kohteessa jakaantui kaikille sähköurakassa mukana olleille; käytännössä tämä tarkoitti sitä, että jokainen oli omista tekemisistään vastuussa niin, että kaikki tuli tehtyä hyvien asennustapojen mukaisesti, huolellisesti sekä asianosaisten kanssa sovitulla menetelmällä. Asentajien kohdalla vastuu oli työmaan kärkeillä, joka jakoi asentajille tehtävät, tilasi ja huolehti tarvittavat välineet sekä opasti. Kärkimiehen roolia ei näin laajassa kohteessa voi sujuvuuden kannalta liikaa korostaa; on ehdottoman tärkeää, että projekti etenee kulloisenkin työvaiheen osalta järjestyksessä, ja että kaikki sidosryhmät pysyvät aikataulussa ja tyytyväisinä.

Sähköurakan yhtenä osana kohteessa oli omavalvontaraporttien tekeminen. Kohteen jokainen kerros oli jaettu lohkoihin, ja lohkoille tehtiin omavalvontakierros ja raportti eri työvaiheissa (esim. alaslaskutilojen tarkastus ennen kattolevyjen paikalleen asennusta), ja nämä tilat tarkasti myös kohteen

sähkövalvojat (tilaajalla oli oma valvoja sekä projektinjohtourakoitsijalla oma). Omavalvontakierros tarkoitti nimenomaan aistinvaraista tarkastusta, ja kun lisäksi sähkövalvoja suoritti oman tarkastuksensa, niin voitiin todeta kohteen aistinvaraisen tarkastuksen olleen vähintäänkin riittävällä tasolla. Sähköasennusten siisteys ja huolellisuus sai kohteessa positiivisia kehuja valvojilta koko työmaan ajan. Kuvassa 6 esimerkkinä erään jakokeskuksen riviliittimet.



KUVA 6 Tämän näköisiä keskuksia kelpasi ihastella (Väyrynen, 2023).

3.3 Suojajohtimen jatkuvuus

Suojajohtimen jatkuvuus mitattiin jokaisesta maadoitetusta kojeesta ja pistorasiasta. Tämän kokouksessa kohteessa tämä mittaus oli kokonaisuudessaan laajin, esimerkiksi suojamaadoitettuja valaisimia oli mitattavana noin 450 kappaletta ja pistorasioita noin 700 kappaletta. Suurimmassa osassa ryhmälähdöissä oli kaksinapaiset yhdistelmäsuojat; tämä helpotti ja nopeutti mittausten tekemistä, koska näin ollen koko keskusta ei tarvinnut tehdä jännitteettömäksi nolla- ja suojajohtimen erottamiseksi. Ryhmiä, joissa ei yhdistelmäsuojia ollut, oli niin vähän, että näiden mittauksen ajaksi irrotettiin ryhmän nollajohdin keskuksen riviliittimeltä. Ennen mittausta kalibroitiin apujohtimen resistanssi pois mittaustuloksesta, ja suurin mitattu resistanssi kohteessa oli 0,86 Ω .

Koska tätä mittausta tuskin koskaan pystytään tekemään niin, ettei työmaalla kaikilla osapuolilla olisi vielä työkaluja ja muita tavaroita pitkin lattiaa, tarkoitti se käytännössä sitä, että välillä mitattiin jatkuvuuksia, ja osa ajasta meni apujohtimen solmujen selvittelyyn sen kietoutuessa tavaroiden ympärille. Sama päti myös luvussa 7 oleviin lääkintätilojen mittauksiin. Kuvissa 7 ja 8 esimerkkikuvia mittauksen toteutuksesta.



KUVA 7 Apujohdinkela kytkettynä jakokeskuksen yläpuolella olevaan maadoituskiskoon (Väyrynen, 2023).



KUVA 8 Erään pistorasian jatkuvuusmittauksen tulos (Väyrynen, 2023).

3.4 Eristysresistanssin mittaus

Kohteen keskuksiin eristysvastusmittaus oli tehty asentajien toimesta asennusvaiheessa ennen kuin keskuksat kytkettiin jännitteisiksi. Tämä mittaus oli tehty jo keskusvalmistajan toimesta, mutta se oli enemmän kuin järkevää tehdä myös paikalleen asennettaessa, jotta voitiin todeta keskuksen olevan eristysvastusmittauksen puolesta käyttökelpoinen.

Varsinaiseen käyttöönottomittaukseen sisältyi jokaisen lähtevän ryhmän eristysvastuksen mittaus ryhmäkohtaisesti. Mittaus suoritettiin ennen jännitteiden kytkemistä, kuvassa 9 esimerkki pistorasiaryhmän eristysvastuksen mittaamisesta. Kohteen mittauksissa ei havaittu puutteita (kaikkien tulos > 999 M Ω), eli tästä voitiin päätellä kaapelien olevan ehyitä ja asennusten olevan turvallisia.



KUVA 9 Pistorasiaryhmä eristysvastuksen mittaus (Väyrynen, 2023).

3.5 Syötön automaattinen poiskytkentä

Suurin osa kohteen ryhmistä oli suojattu vikavirtasuojakytkimillä. Jokaisen vikavirtasuojakytkimen toimintavirta sekä -aika testattiin ja kirjattiin pöytäkirjaan. Tämä mittaus tehtiin jokaisen testattavan ryhmän epäedullisimmasta (ts. pisimmästä) pisteestä; näin saatiin samalla mitattua jokaisen ryhmän oikosulkuvirta. Oikosulkuvirran mittaaminen olisi ollut riittävällä tasolla, vaikka se olisi tehty ainoastaan jokaisen keskuksen pisimmästä ryhmäjohtosta, mutta koska mittaus ja tulosten kirjaaminen veivät kerrallaan vain joitain sekunteja, ei olisi ollut järkevää jättää kirjaamatta ryhmäkohtaisia tuloksia. Kuvassa 10 pistorasiaryhmän silmukkaimpedanssin, oikosulkuvirran ja jännitteenalennuksen mittauksen tulos. Kuvassa 11 vastaavasti vikavirtasuojakytkimen toiminnan testausmittaus pistorasiaryhmästä, samalla mittauksella saatiin toimintavirta sekä -aika.

Kaikki kohteen vikavirtasuojakytkimet toimivat niin toiminta-ajan kuin toimintavirran (300 ms ja 30 mA) puolesta oikein. Yhden ryhmän kauimmaisen pistorasian oikosulkuvirta oli ensimmäisellä mitauksella liian pieni (145 A, suojalaitteena C16-yhdistelmäsuoja), ja tämän takia johdotusta jouduttiin muuttamaan niin, että liitoksia jäi vähemmälle. Muutostyön jälkeen mittaus osoitti oikosulkuvirran ja poiskytkentäehdon täyttyvän (245 A). Yksi erittäin hyvä osoitus siitä, miksi huolellinen käyttöönottomittaus ja mittaustulosten oikea tulkinta on tärkeää. Samalla kun mitattiin silmukkaimpedanssi ja oikosulkuvirta, asennustesteri kertoi myös jännitteenaleneman. Mittarilla mitattiin kohteen pääkeskuksesta referenssi-impedanssi, jonka mukaan testeri laski aleneman prosentteina. Kohteessa jännitteenalenema pysyi kautta linjan kappaleessa 2.7 käsitellyissä rajoissa.



KUVA 10 Pistorasiaryhmän silmukkaimpedanssin, oikosulkuvirran ja jännitteenaleneman mittaus (Väyrynen, 2023).



KUVA 11 Pistorasiyhmän vikavirtasuojakytkimen toiminnan mittaus (Väyrynen, 2023).

3.6 Napaisuus ja kiertosuunnan tarkistus

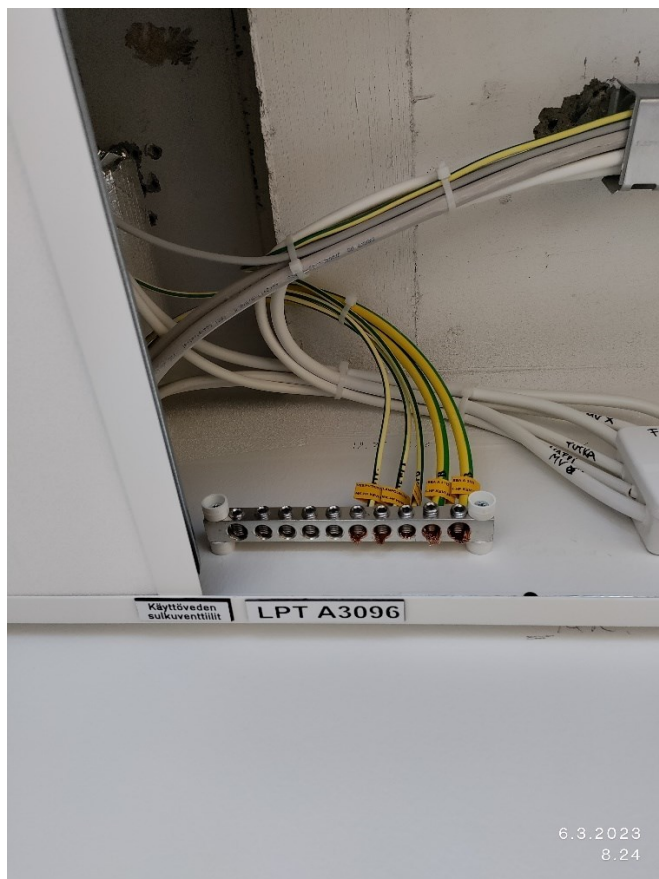
Napaisuuden oikea toteutus oli kohteessa suoritettu asentajien toimesta kytkinlaitteita asennettaessa. Kiertosuunta tarkistettiin asennustesterillä jokaisesta keskuksesta, turvakytkimestä ja kolmivaiheisesta pistorasiasta. Kummassakaan kohdassa ei löytynyt huomautettavaa. Kuvassa 12 esitetty kolmivaiheisen pistorasian pyörimissuunnan mittaus.



KUVA 12 Kolmivaiheisen pistorasian pyörimissuunnan tarkastus; vaihejärjestys näytön oikeassa reunassa (1. 2. 3.). Mittarissa kiinni kolmivaihepistorasian mittauksessa käytettävä adapteri.

3.7 Lääkintätilat

Luvussa 2.8 mainittuja lisäpotentiaalintasauksen vaativia osia lääkitätiloissa (G1) tässä kohteessa olivat johtokanavat, vesikalusteet, alakatto/kattokiskot, iv-kanavat, patterit ja osassa tiloissa ruostumattomasta teräksestä valmistetut altaat/allastaset sekä metalliset ikkunanpielet. Näille osille tehtiin suojajohtimen jatkuvuusmittaus samalla menetelmällä kuin luvussa 3.3 sillä erotuksella, että apujohtimen toinen pää kytkettiin kuvassa 13 näkyvään tilakohtaiseen lisäpotentiaalintasauskiskoon. Lisäksi tilassa olevien pistorasioiden maadoitusliuskoille tehtiin sama mittaus ryhmittäin, ja ryhmän suurin tulos kirjattiin pöytäkirjaan. Tilojen maadoitukset olivat tehty sähkösuunnittelijan maadoitussuunnitelman mukaisesti, eikä niissä löytynyt huomautettavaa tai korjattavaa. Kuvassa 14 olevaan taulukkoon on kirjattu tilan mittaustulokset.



KUVA 13 Lisäpotentiaalintasauskisko tilan alakaton yläpuolella ja alapuolella sen merkintäkilpi (Väyrynen, 2023).

Mistä	Ryhmäkeskustunnus tai pot.las.kätkön tunnus	Mittauspiste nro	Minne Tilankohteen nimi tai huoneen numero	Ryhmä- nro	Huoneen laluokka [G0...G2]	ABSOLUUTTINEN MITT.TAPA (R2, R3) Johdinresist. [ohm]		G0, G1, G2 Vikavirta- suojan testaus [mA]	G0, G1, G2 Vikavirta- suojan testaus [mA]	G2 Erist.tilan vaih.laitt. testaus [x]	G2 Eristystilan valvontalaitteiden toimintakoe				
						Vanha [ohm]	Uusi [ohm]				testaus [ms] tai [s]	1 vian tapaus Testaus [x]	2 vian tapaus Maaosaku ryhmässä [ryhmänro]	Mittattu oikosuovirta [A]	Johdonsuoja esim. [C16]
	JK-A 3.1	1	A3096	35	G1	0,21		29,4	24,0						C16
	JK-A 3.1	2	A3096	63	G1	0,21		19,2	22,5						C16
	JK-A-VV 3.1	3	A3096	215	G1	0,19		29,6	27						C16
	LPT A3096	4	Johtokanava		G1	0,02									
	LPT A3096	5	Vesikalusteet		G1	0,02									
	LPT A3096	6	Alakatto / kattokiskot		G1	0,03									
	LPT A3096	7	IV-kanavat		G1	0,04									
	LPT A3096	8	Patterit		G1	0,04									

KUVA 14 Tilan A3069 G1-mittaustulokset (Väyrynen, 2023).

3.8 Paloilmoitinjärjestelmä

Kohteessa oli jo ennestään olemassa hajautettu paloilmoitinjärjestelmä Esmi FX 3NET (kuva 15), johon liitettiin yksi uusi Esmi FDP-paloilmoitinkeskus, ja tähän keskuksen liitettiin kerroksissa olevat paloilmoitinlaitteet (ilmaisimet, palokellot jne.), joita kohteeseen tuli noin 500 kappaletta. Käyttöönoton ensimmäisenä toimenpiteenä mitattiin silmukkakaapelit ennen keskuksen kytkemistä. Mittauksilla todettiin, että kaapeleissa ei ollut:

- vieraita jännitteitä
- maavuotoa kiinteistön metallirakenteiden ja minkään johtimen välillä
- oikosulkua tai katkoksia.

Nämä mittaukset tehtiin keskuksen käyttöönotto-ohjeen mukaisesti.



KUVA 15 Kohteen paloilmoitinkeskukset, vasemmalla tämän saneerauksen yhteydessä lisätty Esmi FDP (Väyrynen, 2023).

Tämän jälkeen kaapelit kytkettiin keskuksen ja siihen liitettiin internet-yhteys ohjelmointikonfiguraation siirtämistä varten. Ohjelmointityö oli tehty silloin, kun asentajilta oli saatu tieto jokaisen ilmaisusilmukan valmistumisesta ja mahdolliset muutokset ilmaisimien määrissä ja osoitteissa.

Kun konfigurointi oli lähetetty keskuksen, aktivoitu ja käynnistynyt, korjattiin keskuksen ilmoittamat viat (ilmaisimet mihin osoite oli jäänyt asettamatta, päällekkäiset osoitteet silmukoissa, väärän tyyppin ilmaisimien väärässä osoitteessa ynnä muut inhimilliset virheet, joita tapahtuu lähes poikkeuksetta näin laajaa järjestelmää rakennettaessa), aloitettiin järjestelmän testaus. Tämä suoritettiin samalla selainpohjaisella Fire Expert-ohjelmalla, jolla tehtiin myös ohjelmointikonfigurointi (kuva 16). Testaukseen kuului jokaisen laitteen (ilmaisimet, palopainikkeet, ohjausyksiköt, palokellot, palokunnantaulut) toiminnallinen testaus. Myös hätäkeskusyhteys testattiin. Kun kaikki oli kunnossa, tehtiin paloilmittimen asennustodistus.

ID	Koodi	Nimi	Tila
3041	34	Avanceo Z2011C	0,2 / 3,5
3042	34	Monikiteerilämsäin, Avanceo Z2051TE	0,2 / 3,5
3043	34	Monikiteerilämsäin, Avanceo Z2064TE	0,2 / 3,5
3044	34	Ei käytössä	0,2 / 3,5
3045	34	I Irtokäsky	0,2 / 3,5
3046	34	I Irtokäsky savuilmaisain	0,3 / 5
3047	34	Z Ompinen savuilmaisain	0,2 / 3,5
3048	34	Z Suhteellinen lämpöilmaisain	0,2 / 3,5
3049	34	G RoR lämpöilmaisain	0,2 / 3,5
3049	34	H Korkean lämpötilan lämpöilmaisain	0,2 / 3,5
3050	34	S Laser ilmaisain, LZR-1	0,2 / 3,5
3051	34	A Laser ilmaisain, 200-sarja	0,2 / 3,5
3052	34	A Laser ilmaisain, 7251	0,2 / 3,5
3053	34	B Monikiteerilämsäin	0,2 / 3,5
3054	34	D Monikiteerilämsäin	0,2 / 3,5
3055	53	E Heliakustilämsäin	
3056	53	E Linjalämsäin	
3057	53	Y Linjalämsäin testisuodattimella	
3058	53	I Pääpainike, siirtolohin	
3059	53	J Pääpainike, ulkiloihin	
3060	53	S Yhden tulon valvontayksikkö	
3061	53	Z Tukemoduuli, mitä	
3062	53	L Kahden tulon valvontayksikkö	
		M Kahden tulon, yhden lähdön yksikkö	
		N Tukemoduuli, 240V	
		Z Puolitelesin säilytysmoduuli	
		X Konventionaalinen paloyhtymämoduuli, CZR	
		S Sireeni seinäasennus	
		T Viiksuineeri seinäasennus	
		U Häiriköku seinäasennus	
		V Sireeni ilmakäntäntään	
		W Viiksuineeri ilmakäntäntään	
		C Muuttamattomien (irtasuojien)	
		S Määrätsemäin	

KUVA 16 Kuvakaappaus paloilmoitinkonfiguroinnista Fire Expert-ohjelmasta (Väyrynen, 2023).

3.9 Dokumentointi

Kohteen dokumentointiin opinnäytetyön osalta kuuluivat sähköasennusten käyttöönottotarkastuspöytäkirjat. Nämä tehtiin keskuksittain käyttäen pohjana ST-kortiston pöytäkirjapohjaa ST 51.21.05. Näin ollen pöytäkirjasta ilmeni sähköturvallisuuslain 43 § mukaisesti:

- kohteen yksilöintitiedot
- sähkölaitteiston rakentajan ja sähkötöiden johtajan nimi ja yhteystiedot
- selvitys sähkölaitteiston säännösten ja määräysten mukaisuudesta
- sovelletut standardit
- mahdollisten poikkeamien osalta sähköturvallisuuslain 34 §:n mukainen selvitys
- yleiskuvaus käytetyistä tarkastusmenetelmistä
- tarkastusten ja testausten tulokset.

Käytännössä tämä tarkoitti sitä, että edellä läpi käytyjä mittauksia ja testauksia ei tehty huvin vuoksi, vaan niiden tulokset tuli kirjata pöytäkirjoihin. Lisäksi merkittiin kaikki sähkölaitteet ja osa jakorasioista tarroilla tai sähkötyöselostuksen niin vaatiessa kaiverretuilla kilvillä. Merkintätarroista ilmeni esimerkiksi pistorasian syöttävä keskus ja ryhmänumero, kaiverretuilla kilvillä osoitettiin kohteen sähkötyöselostuksen ohjeiden mukaisesti lääkintätilojen lisäpotentiaalintasauskilven paikka ja tunnus (kuva 13) sekä siivouspistorasioiden opastava teksti "EI LÄÄKINTÄLAITTEILLE" (kuva 17).



KUVA 17 Esimerkki pistorasian merkinnöistä; yläpuolella kaiverrettu kilpi ja alapuolella tarra (Väyrynen, 2023).

Myös paloilmoitinlaitteet merkittiin tarroilla, joista kävi ilmi laitteen osoite. Lisäksi paloilmoitinjärjestelmän palopainikkeet ja palokellot merkittiin sijaintia osoittavilla erilliskilvillä (kuva 18).



KUVA 18 Etualalla palopainikkeen erilliskyltti, taustalla seinällä palokello ja sen erilliskyltti (Väyrynen, 2023).

Kohteessa oli pelkästään pistorasioita noin 700 kappaletta, eli merkintöjen tekeminen ja asentaminen ei tämän laajuisissa kohteissa ole mikään pikkujuttu. Kuvassa 19 on esitetty karkeahko kaavio käyttöönottotarkastusten suoritusjärjestyksestä.



KUVA 19 Kaavio käyttöönottotarkastuksista (Väyrynen, 2023).

4 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli koota sähkö- ja paloilmoitinasennusten käyttöönottotarkastusten ja -mittausten osalta realistinen kuvaus, mitä ne kenttätasolla sisältävät. Tämän kohteen sähköasennusten käyttöönottotarkastuksiin sisältyi lisäksi lääkintätilojen (G1) käyttöönottotarkastuksia.

Yhteenvedona käyttöönottotarkastuksista ja -mittauksista voi listata seuraavasti:

- Aistinvarainen tarkastelu kuuluu kaikille niin kauan, kun asennuksia tehdään. Asennusten siisteys kertoo työn huolellisuudesta kaikinensa.
- Jännitteettömät mittaukset (suojajohtimen jatkuvuus, eristysvastusmittaus) tehdään ensimmäisenä, jotta varmistutaan asennusten turvallisuudesta jännitteiden kytkemistä varten.
- Ymmärrä mitä mittaat, mistä mittaat, miksi mittaat ja miten mittaat.
- Ota selvää mittausten raja-arvoista, ja vertaa mitattuja tuloksia niihin käyttöönottojen aikana.
- Jos jokin mittaus ei täytä sille annettuja raja-arvoja, selvitä ja ohjeista, kuinka asia korjataan.
- Pidä mittauksista ja tarkastuksista ajantasaisia muistiinpanoja alusta loppuun.

Jotta edellä mainitut kohdat saatiin suoritettua oikein ja ennen kaikkea aikataulussa, standardien ja mittaustulosten tuntemista enemmän se vaati yhteistyökykyä, neuvottelukykä, suunnittelua ja ennakointia. Kun kohteessa sähköurakoitsijan kärkimiehellä on projekti hallussa ja vastuut jaettu tasaisesti, on käyttöönottojen tekeminen sujuvaa ja helppoa. Kun opinnäytetyössä käsiteltyjen kaltaiset kohteet ovat käyttöönottovaiheessa, tulee mittaukset tehdä oikea-aikaisesti ja oikeassa järjestyksessä. Esimerkkinä kohteen yksi aikatauluun merkitty välitavoite oli ilmanvaihtokoneiden käynnistäminen, ja tämä toimenpide vaatii sähköurakoitsijan osalta sen, että sähkökytkennät ovat valmiit ja tarkastettu. Tämä välitavoite oli sakollinen, eli käyttöönottotarkastajan sekä kärkimiehen ajan tasalla pysyminen on ehdottoman tärkeää. Tässä työssä päti vanha viisaus siitä, että välit projektinjohdourakoitsijan työnjohtajiin, valvojiin ja siivoojiin olivat työmaan sujuvuuden kannalta syytä pitää kunnossa.

Ennen opinnäytetyötä sähköasennusten käyttöönottotarkastukset olivat minulle tuttuja, mutta viimeistään tämä työ ja kohde auttoi sisäistämään ja syventämään jo opittuja asioita, ja opin erityisesti käytäntöjä, kuinka tarkastukset tulee tehdä niin että ne ovat luotettavia ja oikein tehtyjä. Tässä auttoivat myös kohteen tilaajan sekä projektinjohdourakoitsijan sähköasiantuntijat. Epäselvissä ja tulkinanvaraisissa asioissa heiltä sai nopeasti apua ja selvitystä, jotta asennukset saatiin tehtyä turvallisesti ja standardien mukaisesti. Lisäksi aikatauluja päivitettiin viikoittain porukalla, ja näin ollen kaikki olivat koko ajan "samalla sivulla" kohteen asioista. Työtä helpotti ennen käyttöönottotarkastusten aloittamista laadittu mittaussuunnitelma, jota voi tämän työn lisäksi käyttää tarvittaessa apuna tulevilla käyttöönottotarkastuksissa.

LÄHTEET

- Finlex. (16. 12. 2016). *Sähköturvallisuuslaki 16.12.2016/1135*. (Edita Publishing Oy) Haettu 9. 11. 2022 osoitteesta Finlex: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2016/20161135>
- Finlex. (21. 12. 2016). *Valtioneuvoston asetus sähkölaitteiden turvallisuudesta 21.12.2016/1437*. (Edita Publishing Oy) Noudettu osoitteesta Finlex: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2016/20161437>
- Hovinen, R.;Hänninen, P.;Härkönen, P.;Kauppi, V.;Leino, I.;& Orrainen, M. (2020). *Paloilmoitinjärjestelmät, ST-käsikirja 10* (5 p.). (V. Kauppi;& P. Härkönen, Toim.) Espoo, Suomi: Sähkötieto ry.
- Kauppila, J.;& Saarelainen, K. (2018). *Rakennusten sähköasennusten tarkastukset ST-käsikirja 33*. (J. Kauppila, Toim.) Espoo, Suomi: Sähkötieto ry.
- Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. (2022). *SFS-käsikirja 6000-4-41:2022 Pienjännitesähköasennukset. Osa 4-41: Suojausmenetelmät. Suojaus sähköiskulta* (1 p.). Helsinki, Suomi: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. (2022). *SFS-käsikirja 6000-5-52:2022 Pienjännitesähköasennukset. Osa 5-52: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Jotojärjestelmät* (6 p.). Helsinki, Suomi: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. (2022). *SFS-käsikirja 6000-6:2022 Pienjännitesähköasennukset. Osa 6: Tarkastukset* (4 p.). Helsinki, Suomi: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. (2022). *SFS-käsikirja 6000-7-710:2022 Pienjännitesähköasennukset. Osa 7-710: Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Lääkintätilat* (7 p.). Helsinki, Suomi: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- SähköRami-yritys. (20. 3. 2023). *SähköRami*. Haettu 20. 3. 2023 osoitteesta SähköRami oy:n kotisivu: <https://www.sahkorami.fi/?S%C3%A4hk%C3%B6Rami>
- T.mi T.Säisä. (2023). *ST 51.79*. Espoo, Suomi: Sähkötieto ry. Noudettu osoitteesta www.sahkotieto.fi

LIITE 1: MITTAUSSUUNNITELMA

SÄHKÖASENNUSTEN KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUKSET
MITTAUSSUUNNITELMA
YLÄ-SAVON SOTE KUNTAYHTYMÄ
TERVEYSKAMPUS VAIHE 2
PERUSKORJAUS (A RAKENNUS)
RIISTAKATU 21-23 74100 IISALMI



SISÄLTÖ

1	KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUKSET	3
2	STANDARDIN SFS-6000-6:2022 MUKAAN TEHTÄVÄT KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUKSET	4
2.1	Aistinvarainen tarkastus.....	4
2.2	Testaukset	4
2.2.1	Suojajohtimien jatkuvuusmittaus	4
2.2.2	Eristysresistanssin mittaus.....	5
2.2.3	Syötön automaattinen poiskytkentä	6
2.2.4	Napaisuus	7
2.2.5	Kiertosuunnan tarkistus	7
2.2.6	Toimintatestit	7
2.2.7	Lääkintätilat.....	8
2.2.8	Käyttöönottotarkastuspöytäkirja	9
3	KUVALUETTELO.....	10
	LÄHTEET	11

1 KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUKSET

Aina ennen kuin uusi asennus tai olemassa olevan asennuksen lisäys tai muutos otetaan käyttöön, tehdään käyttöönottotarkastus. Kun käyttöönottotarkastus tehdään standardin SFS 6000-6:2022 mukaan, saavutetaan valtioneuvoston asetuksen 1437/2017 (Finlex, 2016) mukaiset olennaiset turvallisuusvaatimukset.

Henkilön, joka tekee käyttöönottotarkastuksia, tulee olla riittävän ammattitaitoinen. Hänen tulee tuntea kyseiseen työhön liittyvät ohjeet ja määräykset riittävässä laajuudessa sekä hänen tulee olla sähköalan ammattilainen.

2 STANDARDIN SFS-6000-6:2022 MUKAAN TEHTÄVÄT KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUKSET

2.1 Aistinvarainen tarkastus

Aistinvarainen tarkastus ajoittuu asennettavasta kohteesta tai tehtävästä työstä riippumatta koko työsuorituksen ajalle. Yleisesti aistinvaraisten tarkastusten kohteena ovat kosketus- ja palosuojaus, mekaaniseen ja vettä vastaan tehty suojaus, merkinnät sekä dokumentointi, mutta myös monet tapauskohtaiset vaatimukset. Käytännön toteutus huomioitaville kohteille määräytyy urakkarajan mukaisesti.

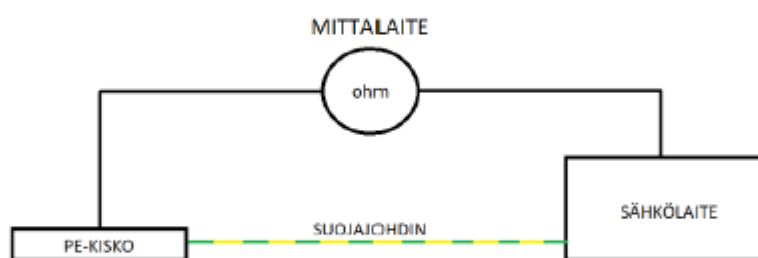
2.2 Testaukset

Käyttöönottotarkastuksiin liittyy erilaisia mittauksia ja toimintatestejä. Mittaamalla todetaan eristysresistanssi, suojajohtimen jatkuvuus, oikosulkuvirta, kiertosuunta, silmukkaimpedanssi sekä vikavirtasuojaus. Jotkin mittauksista pystytään korvaamaan laskennallisesti osoitettujen arvojen perusteella, mutta näissäkin tapauksissa on hyvä todeta tarkistusmittauksilla pistokoeluoontoisesti laskettujen tulosten paikkansapitävyys; näin varmistutaan, että laskennoissa käytetyt arvot ovat olleet oikeita.

Standardissa edellytetään myös, että käytettävät mitta- ja tarkastuslaitteet sekä menetelmät ovat ol-tava EN-61557-standardisarjan asianomaisen osan mukaisia (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, 2022). Tämän kohteen mittauksissa käytetään Metrel MI-3100 SE – käyttöönottotesteriä sekä Kaise SK-7661-pihtivirtamittaria.

2.2.1 Suojajohtimien jatkuvuusmittaus

Suojajohtimiksi luokiteltuja johtimia ovat maadoitusjohtimet, suojamaadoitusjohtimet, PEN-johtimet sekä potentiaalintasausjohtimet. Suojajohtimen jatkuvuus tulee testata laitekohtaisesti, eli esimerkiksi pistorasiaryhmässä täytyy jatkuvuus varmistaa jokaisesta pistorasiasta. Kun mitataan TN-S-järjestelmää, tulee suojamaadoitus- ja nollajohtimen yhdistys irrottaa mittausten ajaksi. Jos yhdistys jätetään irrottamatta, nolla- ja suojamaadoitusjohtimen vaihtumista keskenään ei voi havaita mittaamalla. Suojajohtimen jatkuvuus mitataan jännitteettömästä piiristä, ja mittaus tehdään vähintään 200 mA testivirralla (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, 2022). Mittaus suoritetaan kuvan 1 mukaisesti.



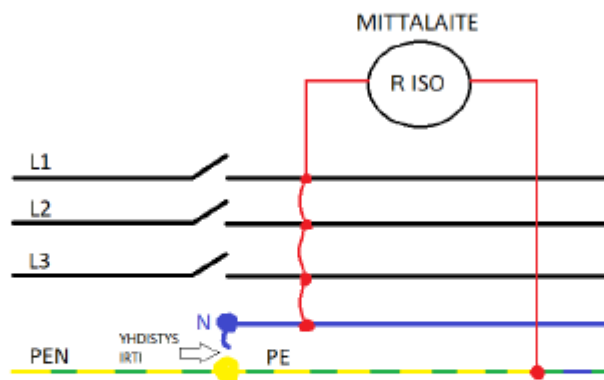
KUVA 1 Suojajohtimen jatkuvuuden mittaaminen (Väyrynen, 2022).

2.2.2 Eristysresistanssin mittaus

TN-S-järjestelmässä eristysresistanssilla tarkoitetaan äärijohtimien L1, L2, L3 ja N sekä maadoitetun suojajohtimen PE välistä resistanssia. Tällä mittauksella voidaan havaita mahdolliset viat kaapeleiden eristeissä. Nämä viat voivat olla valmistusvikoja tai ne voivat aiheutua asennus- ja rakennusvaiheessa (ruuvit, naulat, hankaumat ym.). Jos vaihejohtimen eriste rikkoutuu, voi se aiheuttaa esimerkiksi ruuvin tai naulan jäämisen jännitteiseksi tai oikosulun virtapiirissä. Samoin kuin suojajohtimen jatkuvuus, mitataan myös eristysresistanssi jännitteettömästä piiristä, ja myös tässä mittauksessa suojamaadoitus- ja nollajohtimen yhdistys irroitetaan. Mittausjännitteenä käytetään normaalisti 500 V tasajännitettä. Jos mittaukseen sisältyviin piireihin kuuluu elektronisia laitteita, ylijännitesuojia tai muita sellaisia laitteita, jotka voivat rikkoutua tai vaikuttaa testin tuloksiin, erotetaan ne ennen mittausta. Jos näiden erottaminen on kohtuuttoman hankalaa, testijännite pienennetään 250 V tasajännitteeseen.

TAULUKKO 1 Eristysresistanssin pienimmät sallitut arvot (Kauppila & Saarelainen, 2018)

Virtapiirin jännitejärjestelmä tai nimellijännite	Koejännite (tasajännite) V	Eristysresistanssin minimiarvo MΩ
SELV ja PELV	250	0,5
Enintään 500V FELV mukaan luettuna	500	1,0
Yli 500V	1000	1,0



KUVA 2 Eristysvastuksen mittaaminen (Väyrynen, 2022).

2.2.3 Syötön automaattinen poiskytkentä

Syötön automaattinen poiskytkentä testataan mittaamalla vaiheen ja suojajohtimen välisen vian oikosulkuvirta. Mittaus tehdään jännitteellisenä kunkin ryhmän epäedullisimmasta pisteestä, nämä pisteet ovat yleensä pisimpien ryhmäjohtojen päätekohtissa. Jakokeskusten syöttöjohdoilla sekä yli 32 A ryhmäjohtojen laukaisuaian tulee olla maksimissaan 5,0 sekuntia, ja muilla ryhmäjohtojen laukaisuaian tulee olla maksimissaan 0,4 sekuntia. Jos vikasuojaus on toteutettu vikavirtasuojakytkimellä, ei oikosulkuvirran tai silmukkaimpedanssin mittaamista vaadita; vikavirtasuojakytkimen toiminta kuitenkin testataan. Kuitenkin jokaisesta piiristä mitataan vaihe- ja nollajohtimen välinen oikosulkuvirta, jolla todetaan 5 sekunnin poiskytkentäehto palosuojauksen takia.

Vikavirtasuojakytkin testataan painamalla testauspainiketta, ja sen jälkeen mittaamalla toimintavirta ja laukaisuaika. Toimintavirran tulee olla 0,5–1 kertainen nimelliseen toimintavirtaan.

TAULUKKO 2 Johdonsuojakatkaisijoiden pienimmät toimintavirrat ja vaaditut mitatut arvot (Kauppila & Saarelainen, 2018).

Nimellisvirta	B-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo	C-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo	K ja G- tyypit 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo	D-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo
A	A	A	A	A	A	A	A	A
6	30	37,5	60	75	84	105	120	150
10	50	62,5	100	125	140	175	200	250
16	80	100	160	200	224	280	320	400
20	100	125	200	250	280	350	400	500
25	125	156,3	250	312,5	350	437,5	500	625
32	160	200	320	400	448	560	640	800
50	250	312,5	500	625	700	875	1000	1250
63	315	393,8	630	787,5	882	1102,5	1260	1575
80	400	500	800	1000	1120	1400	1600	2000
125	625	781,3	1250	1562,5	1750	2187,5	2500	3125

Taulukko 3 gG-sulakkeiden pienimmät toimintavirrat ja vaaditut mitatut arvot (Kauppila & Saarelainen, 2018).

Nimellisvirta	gG-sulake 0,4 s	Vaadittu mitattu arvo	gG-sulake 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo
A	A	A	A	A
2	16	20	9	11,3
4	32	40	18	22,5
6	46,5	58,2	28	35
10	85	102,5	46,5	58,2
16	110	137,5	65	81,3
20	145	181,3	85	106,3
25	180	225	110	137,5
32	270	337,5	150	187,5
35	287	359	165	206,3
40	315	393,8	190	237,5
50	470	587,5	250	312,5
63	550	687,5	320	400
80	840	1050	425	531,3
100	1000	1250	580	725
125	1450	1812,5	715	893,8
160	1600	2000	950	1187,5
200	2100	2625	1250	1562,5
250	2800	3500	1650	2062,5
315	3700	4625	2200	2750
400	4800	6000	2840	3550
500	6400	8000	3800	4750
630	8500	10625	5100	6375

2.2.4 Napaisuus

Kaikki yksinapaiset kytkinlaitteet kytketään vaihejohtimiin, näiden asentaminen nollajohtimeen on kielletty. Standardissa tämän tarkastaminen on määritetty käyttöönottotarkastuksessa tehtäväksi toimenpiteeksi.

2.2.5 Kiertosuunnan tarkistus

Kiertosuunnan säilyminen monivaiheisissa piireissä tarkistetaan. Kiertosuunta tarkistetaan näin ollen myös sellaisista keskuksista, joista ei lähde yhtään monivaiheista ryhmäjohtoa.

2.2.6 Toimintatestit

Esimerkiksi keskuksille, käyttö-, ohjaus- ja lukituslaitteille sekä hätäkytkentä- ja hätäpysäytyslaitteille suoritetaan toimintatestit. Näillä varmistetaan, että ne ovat standardin SFS 6000 vaatimusten mukaisesti asennettu, aseteltu ja kiinnitetty.

2.2.7 Lääkintätilat

Edellä mainittujen yleisten vaatimusten lisäksi lääkintätiloissa tehdään standardin SFS 6000-7-710:2022 (Lääkintätilat) (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, 2022) mukaan tehtävät seuraavat testaukset ennen käyttöönottoa sekä muutosten ja korjausten jälkeen ennen uudelleen käyttöönottoa:

- lääkintä-IT-järjestelmän eristystilan valvontalaitteiden ja akustisen tai optisen hälytysjärjestelmien sekä lääkintä-IT-järjestelmän muuntajan ylikuormitusvalvontalaitteiden toimintakoe
- mittaukset lisäpotentiaalintasauksen toteamiseksi lisäpotentiaalitasauskiskon ja seuraavien hoitoalueella olevien osien välillä:
 - suojamaadoitusjohtimet
 - muut johtavat osat
 - häiriökenttien suojukset, mikäli sellaisia on asennettu
 - johtavien lattioiden metalliverkko, mikäli sellainen on asennettu
 - erotusmuuntajan mahdollinen metallinen, sähköinen suoja
 - kiinteät, johtavat, ei-sähköiset potilaan tukirakenteet, esim. leikkauspöydät, fysioterapia-tuolit ja hammaslääkärituolit, mikäli ne eivät ole tarkoitettu olemaan erillään maasta
 - ryhmän 2 lääkintätiloissa suojajohtimien ja liitosten yhteenlaskettu resistanssi lisäpotentiaalitasauskiskon ja pistorasioiden tai kiinteästi asennettujen laitteiden suojaliittimien tai muiden johtavien osien välillä ei saa olla suurempi kuin $0,2 \Omega$.
- potentiaalintasauksen jatkuvuudelle asetettujen vaatimusten täyttymisen toteaminen. Osien välinen resistanssi on oltava, kuten edellä mainitussa kohdassa. Lisäpotentiaalitasauskiskon on sijaittava lääkintätilassa tai sen lähellä, ja se liitetään syöttävän keskuksen PE-kiskoon vähintään suurimman lisäpotentiaalitasauskiskoon liitetyn johtimen vahvuisella johtimella. Kaikki liitännät ovat helposti luokse päästävissä, nähtävissä ja yksittäin irrotettavissa.
- turvasyöttöjärjestelmien mukaisten turvatoimintojen ja varavoimajärjestelmien kunnossa olo
- sähkösyötön selektiivisyyden tarkastelu sekä normaaliverkon että turvajärjestelmien ja varavoimajärjestelmien osalta (Kauppila & Saarelainen, 2018).

2.2.8 Käyttöönottotarkastuspöytäkirja

Kohteessa suoritettavista mittauksista ja tarkastuksista tehdään käyttöönottotarkastuspöytäkirjat, jotka sisältävät seuraavat kohdat:

- tarkastetun laitteiston yksilöintitiedot
- laitteiston rakentajan (urakoitsijan ja sähkötöiden johtajan) yhteystiedot
- selvityksen sähkölaitteiston säännösten ja määräysten mukaisuudesta
- maininnan sovelletuista standardeista
- mahdollisten poikkeamien osalta maininnan sähköturvallisuuslain 34 §:n mukaisen selvityksen olemassaolosta
- yleiskuvauksen käytetyistä tarkastusmenetelmistä ja tulokset tarkastuksista sekä testauksista:
 - eristystilan mittaustulokset: kiinteät asennukset, kytkinlaitteen takaiset asennukset, lämmityskaapeli- ja kelmuasennukset, suojaerotetut asennukset, sähköisen erotuksen asennukset
 - jatkuvuusmittaukset keskusalueittain (ei kirjata yksittäisiä mittaustuloksia, todetaan vaatimusten täytyminen)
 - syötön automaattiseen poiskytkennän toteamiseen vaadittavat mittaustulokset keskusalueittain epäedullisimmasta pisteestä
 - oikosulkuvirtamittaukset keskusalueittain epäedullisimmasta pisteestä
 - vikavirtasuojien toiminnan testaus
 - kiertosuunta keskuskohtaisesti
 - laitevalmistajien asennusohjeiden mukaiset mittaustulokset sellaisista laitteista, joille valmistaja edellyttää asennusohjeessaan mittauksia (Kauppila & Saarelainen, 2018).

3 KUVALUETTELO

KUVA 1 Suojajohtimen jatkuvuuden mittaaminen (Väyrynen, 2022).....	4
KUVA 2 Eristysvastuksen mittaaminen (Väyrynen, 2022).....	5

LÄHTEET

- Finlex. (16. 12. 2016). *Sähköturvallisuuslaki 16.12.2016/1135*. (Edita Publishing Oy) Haettu 9. 11. 2022 osoitteesta Finlex: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2016/20161135>
- Finlex. (21. 12. 2016). *Valtioneuvoston asetus sähkölaitteiden turvallisuudesta 21.12.2016/1437*. (Edita Publishing Oy) Noudettu osoitteesta Finlex: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2016/20161437>
- Kauppila, J.;& Saarelainen, K. (2018). *Rakennusten sähköasennusten tarkastukset ST-käsikirja 33*. (J. Kauppila, Toim.) Espoo, Suomi: Sähkötieto ry.
- Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. (2022). *SFS-käsikirja 6000-6:2022 Pienjännitesähköasennukset. Osa 6: Tarkastukset* (4 p.). Helsinki, Suomi: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. (2022). *SFS-käsikirja 6000-7-710:2022 Pienjännitesähköasennukset. Osa 7-710: Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Lääkintätilat* (7 p.). Helsinki, Suomi: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.