



samk



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

ALEKSI RINTAMÄKI

Lääkintätilojen sähköasennukset ja käyttönottotarkastukset

SÄHKÖ- JA AUTOMAATIOTEKNIIKAN TUTKINTO-OH-
JELMA
2021

Tekijä(t) Rintamäki, Aleksi	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä kesäkuu 2021
	Sivumäärä 30	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi Lääkintätilojen sähköasennukset ja käyttöönottotarkastukset		
Tutkinto-ohjelma Sähkö- ja automaatiotekniikka		
<p>Opinnäytetyössä tarkasteltiin lääkintätilojen sähköasennuksia ja käyttöönottotarkastuksia koskevia erityisvaatimuksia, määräyksiä ja standardeja, joiden pohjalta luotiin teoreettinen kokonaisuus selkeyttämään näitä.</p> <p>Opinnäytetyössä käsiteltiin lääkintätilojen määräykset ja standardit, suojausmenetelmät ja maadoitukset sekä käyttöönottotarkastukset. Varavoimajärjestelmä rajattiin lähes kokonaan aiheen ulkopuolelle.</p> <p>Käyttöönottotarkastusosio tehtiin niin, että sitä voidaan käyttää myös yleisohjeena sähköasennuksille.</p>		
<u>Asiasanat</u> Käyttöönottotarkastus, lääkintätila, sähköasennus		

Author(s) Rintamäki, Aleksi	Type of Publication Bachelor's thesis	Date June 2021
	Number of pages 30	Language of publication: Finnish
Title of publication Electrical installations and commissioning inspections in medical facilities		
Degree program Electrical and Automation Engineering		
<p>The thesis was reviewed the special requirements, regulations and standards for electrical installations and commissioning inspections in medical facilities, on the basis a theoretical entity was made to clarify these.</p> <p>The thesis dealt with the regulations and standards, protect methods and earthing, as well as commissioning inspections of medical facilities. The backup power system was almost completely excluded from the subject.</p> <p>The commissioning inspection section was made so that it can also be used as a general guide for electrical installations.</p>		
<u>Key words</u> Commissioning inspection, medical facility, electrical installation		

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	5
2 LÄÄKINTÄTILOJEN MÄÄRÄYKSET JA STANDARDIT	5
2.1 Lääkintätilojen ryhmittely	5
2.2 Ryhmän 1 (G1) määräykset ja standardit	7
2.3 Ryhmän 2 (G2) määräykset ja standardit	7
3 SUOJAUSMENETELMÄT JA MAADOITUKSET	8
3.1 Syötön automaattinen poiskytkentä	8
3.2 Lisäsuojaus vikavirtasuojalla	9
3.3 Lääkintä-IT-järjestelmä	10
3.3.1 Eristystason valvonta	11
3.3.2 Ylikuormituksen valvonta	12
3.4 Maadoitukset	12
3.5 Lisäpotentiaalintasaus	12
3.6 SELV- ja PELV-järjestelmä	14
4 LÄÄKINTÄTILOJEN KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUKSET	14
4.1 Aistinvarainen tarkastus	15
4.2 Potentiaalintasaus ja suojajohtimen jatkuvuus	17
4.3 Eristysresistanssin mittaus	19
4.3.1 SELV- ja PELV-järjestelmien eristysresistanssin mittaus	21
4.3.2 Lattia- ja seinäpintojen resistanssi tai impedanssi	22
4.4 Syötön automaattinen poiskytkentä	23
4.5 Vikavirtasuojan testaus	25
4.6 Napaisuus	26
4.7 Kiertosuunnan tarkistaminen	26
4.8 Toimintatestit	26
4.9 Jännitteenalenema	27
4.10 Varmennustarkastukset	27
4.11 Käyttöönottotarkastuspöytäkirjat	28
5 YHTEENVETO	29
LÄHTEET	

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehtiin Caverion Suomi Oy:lle, joka on suomalainen pörssi-yhtiö. Yritys suunnittelee, toteuttaa ja ylläpitää kiinteistöjen sekä teollisuuden teknisiä ratkaisuja. Yrityksellä on toimintaa 12 maassa Pohjois- ja Keski-Euroopassa.

Opinnäytetyössä tarkastellaan lääkintätilojen sähköasennuksia ja käyttöönottotarkastuksia koskevia erityisvaatimuksia, määräyksiä ja standardeja. Lääkintätilojen sähköasennuksissa ja käyttöönottotarkastuksissa tulee noudattaa standardia SFS 6000-7-710: Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Lääkintätilat. Työssä on hyödynnetty myös eri ST-kortteja, joiden avulla pystyttiin selkeyttämään standardeja.

Työn tavoitteena oli perehtyä lääkintätiloja koskeviin erityisvaatimuksiin, määräyksiin ja standardeihin, joiden pohjalta luoda teoreettinen kokonaisuus selkeyttämään näitä.

2 LÄÄKINTÄTILOJEN MÄÄRÄYKSET JA STANDARDIT

2.1 Lääkintätilojen ryhmittely

Lääkintätilat on jaettu kolmeen ryhmään, G0, G1 ja G2. Lääkintätilan ryhmittely perustuu tilan käyttötarkoitukseen sekä sähkökäyttöisen lääkintälaitteen ja potilaan väliin kosketukseen. Ryhmittely tulee tehdä huonekohtaisesti terveydenhuollon lääketieteellisen johdon ja teknisen henkilökunnan kanssa lääkinnällisten toimenpiteiden perusteella. (ST 51.79, 2020, s. 4.) Taulukossa 1. on esitetty esimerkkejä lääkintätilojen ryhmittelystä.

Ryhmä 0 (G0) tarkoittaa tilaa, jossa ei käytetä sähkökäyttöisen lääkintälaitteen liittämisiä ja syötön keskeytyksestä ei aiheudu potilaalle välitöntä hengenvaaraa. Ryhmän

0 tiloja ovat muun muassa käytävät, hissiaulat ja henkilökunnan ruokasali. Vuodeosastoilla ryhmään 0 kuuluvia tiloja ovat tavallisesti henkilökunnan lepotilat, kahvihuoneet sekä potilaiden WC- ja suihkutilat, mikäli niissä ei käytetä sähkökäyttöisiä lääkintälaitteita. (ST 51.79, 2020, s. 4.)

Ryhmä 1 (G1) tarkoittaa lääkintätilaa, jossa sähkönsyötön keskeytyksestä ei aiheudu potilaalle välitöntä hengenvaaraa ja sähkökäyttöisen lääkintälaitteen liityntäosia käytetään joko ihon ulkopuolisesti tai ihon sisäisesti mihin tahansa kehon osaan, ellei kyseessä ole ryhmän 2 soveltamisalue. (ST 51.79, 2020, s. 4.)

Ryhmä 2 (G2) tarkoittaa lääkintätilaa, jossa sähkökäyttöisten lääkintälaitteiden liityntäosia käytetään sydämenläheisiin toimintoihin ja leikkaussalikäyttöön tai tehohoittoon, jossa sähkönsyötön keskeytyksestä voi aiheutua potilaalle välitön hengenvaara. (ST 51.79, 2020, s. 4.)

Taulukko 1. Esimerkkejä lääkintätilojen ryhmittelystä (ST 51.79, 2020, s. 5).

Lääkintätila	Ryhmä G0	Ryhmä G1	Ryhmä G2
Hierontahuone	x	x	
Yleissairaalan vuodeosaston potilashuone		x	
Yleissairaalan vuodeosaston päiväsaali, ruokailuhuone	x	x	
Yleissairaalan vuodeosaston käytävä	x	x	
Psykiatrisen sairaalan potilashuone oheistiloineen	x		
Psykiatrisen sairaalan sähköshokkihuone		x	
Synnytyssali		x	x
EKG-, EEG-, EMG-huoneet		x	
Tähystyshuone		x	
Lääkärinkanslia, kun huoneessa ei tehdä tutkimuksia sähkökäyttöisillä lääkintälaitteilla	x		
Tutkimus- ja toimenpidehuone		x	x
Osastonkanslia (ei potilaiden hoitoon tarkoitettu)	x		
Henkilökunnan lepotaikohuone	x		
Osastonhoitajan, osastoavustajan työhuone	x		
Keskola		x	x
Synnytyksen tarkkailuhuone	(x)	x	
Urologiahuone		x	
Röntgentutkimus- ja sädehoituhuone		x	
Vesihoiduhuone		x	
Kuntoutushuone	x	x	
Anestesiatiila		x	x
Leikkaussali			x
Valmisteluhuone		x	x
Kipsaussali	x	x	
Heräämö		x	x
Leikkaussalin heräämö			x
Sydänkatetrointihuone			x
Tehostetun hoidon huone			x
Angiografiahuone			x
Dialyysihuone (lääkintälaitteen liityntäosa ihon sisällä, mutta ei sydämessä)		x	
Dialyysihuone (lääkintälaitteen liityntäosa sydämessä)			x
Valvotakeskus		x	
Magneettikuvaushuone (MRI)		x	
Isotooppikuvaushuone		x	
WC/pesuhuoneet (tilaluokka riippuu potilaan mahdollisesti käytämästä lääkintälaitteesta)	x	x	

2.2 Ryhmän 1 (G1) määräykset ja standardit

Lääkintätalastandardissa SFS 6000-7-710 on esitetty, että ryhmän 1 lääkintätilojen korkeintaan 32 A ryhmäjohtoissa käytetään vikavirtasuojaa, jonka mitoitusvirta saa olla enintään 30 mA. Valaistusta ja pistorasioita tulee syöttää vähintään kahdesta erillisestä syötöstä, joista toinen on liitetty varavoimajärjestelmään. (ST 51.79, 2020, s. 8, 17.)

Jokaisessa ryhmän 1 lääkintätilassa tehdään lisäpotentiaalintasaus, jossa lisäpotentiaalintasausjohtimet kytketään potentiaalintasauskiskoon potentiaalierojen tasaamiseksi. Ryhmän 1 lääkintätiloihin suositellaan lisäpotentiaalintasauksen liitäntäpaikkojen asennusta lääkintälaitteille, mutta se ei ole pakollista. (ST 51.79, 2020, s. 11.)

2.3 Ryhmän 2 (G2) määräykset ja standardit

Ryhmän 2 lääkintätilojen jakokeskukset asennetaan lähelle ryhmän tiloja samaan palo-osastoon ja niiden on oltava helposti tunnistettavissa. Jakokeskuksien syöttö toteutetaan kahdella toisistaan erotetulla syöttöjohdolla. Normaalitilanteessa käytetään varavoimajärjestelmän syöttöä ja varavoimajärjestelmän häiriöiden ja huollon aikana normaaliverkon syöttöä. Syöttävät johtojärjestelmät ryhmän 2 lääkintätiloissa on tarkoitettu vain kyseisen tilan laitteille ja varusteille. Valaistusta ja pistorasioita tulee syöttää vähintään kahdesta erillisestä syötöstä, joista toinen on liitetty varavoimajärjestelmään (ST 51.79, 2020, s. 6, 15, 17, 19.)

Lääkintä-IT-järjestelmää tulee käyttää piireissä, jotka syöttävät elintoimintoja ylläpitämään tarkoitettuja lääkintälaitteita ja lääkintälaittejärjestelmiä, kirurgiseen käyttöön tarkoitettuja laitteita ja muita laitteita hoitoalueella. Poikkeuksia ovat kiinteiden leikkauspöytien liikuttamiseen tarvittavien piirien syöttö, röntgenlaitteiden syöttö, mitoitusteholtaan yli 5 kVA:n laitteiden syöttö ja ei-kriittisten laitteiden syöttö. Näiden ryhmien syötön automaattinen poiskytkentä voidaan toteuttaa mitoitusvirraltaan enintään 30 mA vikavirtasuojalla. (ST 51.79, 2020, s. 8, 10.)

Jokaisessa ryhmän 2 lääkintätilassa tehdään lisäpotentiaalintasaus, jossa lisäpotentiaalintasausjohtimet kytketään potentiaalintasauskiskoon potentiaalierojen tasaamiseksi. Lisäpotentiaalintasauksen liitäntäpaikkoja lääkintälaitteille pitää olla riittävä määrä.

Tiloihin asennetaan myös potentiaalintasauspistorasioita, joiden määrän ja tarpeellisuuden päättää lääkintätilan vastuullinen johto. (ST 51.79, 2020, s. 11, 13.)

3 SUOJAUSMENETELMÄT JA MAADOITUKSET

Lääkintätilojen sähköasennuksia koskevat erityisvaatimukset on esitetty standardissa SFS-6000-7-710. Näiden vaatimusten tarkoitus on varmistaa potilaiden ja henkilökunnan turvallisuus. Pääasiassa vaatimukset koskevat sairaaloita, yksityisiä klinikoita, terveysasemia ja työpaikkojen terveydenhuoltoon tarkoitettuja tiloja. (SFS 6000-7-710, 2017, s.5.)

Ihmisten ja eläinten sähköiskulta suojaamista koskevat vaatimukset on esitetty standardissa SFS 6000-4-41. Sähköasennuksissa on noudatettava yhtä tai useampaa suojausmenetelmää ja lisäksi tulee huomioida ulkoiset olosuhteet. Suojauksissa käytetään yleensä seuraavia menetelmiä:

- syötön automaattinen poiskytkentä
- kaksoiseristys tai vahvistettu eristys
- sähköinen erotus syöttämään yhtä kulutuslaitetta
- pienoisjännite (SELV ja PELV). (SFS 6000-4-41, 2017, s. 6.)

3.1 Syötön automaattinen poiskytkentä

Syötön automaattinen poiskytkentä on yleisin sähköasennuksissa käytetty suojausmenetelmä. Eristysvian aiheuttama vikavirta ja siitä syntyvä kosketusjännite pitää poistaa niin nopeasti, ettei siitä aiheudu vaaraa ihmiselle tai kotieläimelle. (D1, 2017, 41.2.1.)

Vian tapahtuessa pienen impedanssin kautta äärijohtimen ja jännitteelle alttiin osan tai suojajohtimen välille, suojalaitteen on automaattisesti katkaistava syöttö piiriin tai laitteen äärijohtimista vaaditussa ajassa. (SFS 6000-4-41, 2017, s. 8.) Vaadittuja

laukaisuaikoja TN- ja TT-järjestelmissä on esitetty taulukossa 2. Suurimmat sallitut poiskytkentäajat.

Taulukko 2. Suurimmat sallitut poiskytkentäajat (SFS-6000-4-41, 2017, s. 9).

Järjestelmä	50 V < $U_0 \leq 120$ V s		120 V < $U_0 \leq 230$ V s		230 V < $U_0 \leq 400$ V s		$U_0 > 400$ V s	
	AC	DC	AC	DC	AC	DC	AC	DC
TN	0,8	^a	0,4	1	0,2	0,4	0,1	0,1
TT	0,3	^a	0,2	0,4	0,07	0,2	0,04	0,1

Jos TT-järjestelmässä poiskytkentä saadaan aikaan ylivirtasuojilla ja suojaava potentiaalintasaus on kytketty kaikkiin asennuksen muihin johtaviin osiin, voidaan käyttää TN-järjestelmän poiskytkentäaikoja.
 U_0 on nimellinen tasa- ja vaihtojännite äärijohtimesta maahan.

3.2 Lisäsuojaus vikavirtasuojalla

Vaihtojännitejärjestelmissä enintään 30 mA:n vikavirtasuojan käyttöä pidetään lisäsuojauksena. Se toimii perus- ja vikasuojauksen vioissa käyttäjän ollessa varmaton. Vikavirtasuojan käyttö yksinomaisena suojausmenetelmänä on kiellettyä, eikä se poista tarvetta käyttää myös muita suojausmenetelmiä. (SFS 6000-4-41, 2017, s. 21.)

Lisäsuojauksen tarkoitus on parantaa suojausta sähköiskulta, kun pistorasiaan kytkettyyn sähkölaitteeseen tulee vika, tai viallinen laite kytketään pistorasiaan. Vikavirtasuojaa käytetään lisäsuojauksena pistorasioissa, joihin maallikko voi kytkeä laitteita. Mitoitusvirraltaan enintään 32 A:n pistorasiat ja ulkona käytettävät siirrettävät laitteet pitää lisäsuojata mitoitusvirraltaan enintään 30 mA vikavirtasuojalla. (SFS 6000-4-41, 2017, s. 30.)

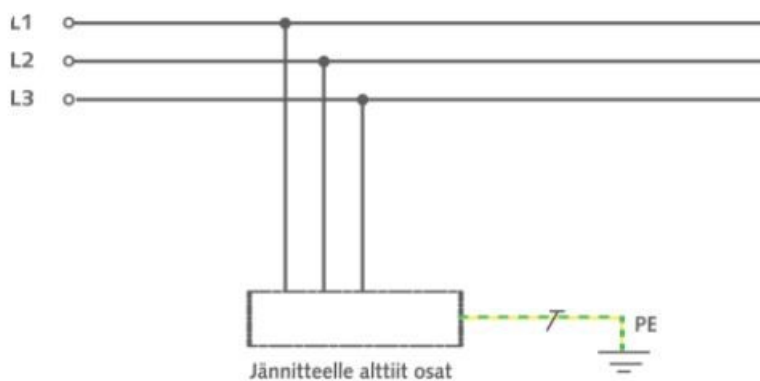
Lääkintätilojen vikavirtasuojien käytössä tulee huomioida asennusten ryhmittely. Asennukset tulee ryhmitellä riittävän moneen virtapiiriin, jotta vältetään aiheettomat laukaisut normaalitilanteessa. Ryhmittelyllä lievennetään myös sähkömagneettisten häiriöiden vaikutusta. Lisäksi tulee huomioida pistorasioiden kokonaislukumäärä syöttävissä ryhmäjohtoissa, jotka on suojattu enintään 30 mA vikavirtasuojalla. Lääkintätilojen pistorasiaryhmissä suositellaan, että jokainen syöttävä ryhmäjohto suojataan omalla vikavirtasuojalla. (ST 51.79, 2020, s. 9, 16.)

Jos pistorasia on tarkoitettu erityisen määrätyn laitteen liittämiseen tai sitä käytetään ammattihenkilön tai opastetun henkilön valvomana, voidaan poiketa vikavirtasuojan asennusvaatimuksista. Lääkintätiloissa tulee harkita vikavirtasuojan pois jättämistä seuraavien laitteiden syötöistä:

- kriittiset kylmälaitteet
- pistotulpalla liitettävät valaisimet ja kiinteät koneet
- tietoverkon aktiivilaitteet
- langattomien verkkojen tukiasemat
- laitteet, joista aiheutuu suuria vuotovirtoja normaalissa käytössä. (ST 51.79, 2020, s. 9.)

3.3 Lääkintä-IT-järjestelmä

IT-järjestelmä on maasta erotettu järjestelmä, jossa yksikään virtapiirin osa ei ole suoraan kytkettynä maahan. IT-järjestelmässä sähkölaitteistojen jännitteelle alttiit osat on kytketty erillisiin maadoituselektrodeihin tai suojajohtimella yhteiseen elektrodiin (kuva 1). Nollajohdinta voidaan käyttää, mutta se ei ole suositeltavaa. Vaikka järjestelmä on erotettu maasta, voidaan impedanssin välityksellä kytkeä virtapiirin pisteet maahan. Maasulkuvalvonta tehdään yleensä vastuksen avulla, joka kytketään järjestelmän keskipisteen ja maan välille. Lääkintätilastandardin SFS 6000-7-710 mukaan sairaaloiden leikkaussaleissa vastuksen tulee olla vähintään 100 k Ω . (D1, 2017, 312.2.3.)



Kuva 1. IT-järjestelmä (D1, 2017, 312.2.3).

Lääkintä-IT-järjestelmässä ei vaadita syötön automaattista poiskytkentää ensimmäisen vian sattuessa, jos standardissa SFS 6000-4-41 esitetyt ehdot täyttyvät. Toisen vian sattuessa syötön automaattinen poiskytkentä pitää tehdä kuten TN-järjestelmässä. Pääasiassa lääkitä-IT-järjestelmä on tarkoitettu pistorasiaryhmiä varten, jotka syöttävät lääkitälaitteita. Järjestelmän syöttävää suojaerotusmuuntajaa ei tule kuormittaa liikaa suuritehoisilla laitteilla. Lisäksi järjestelmään pitäisi kytkeä vain sellaisia tietotekniikan laitteita, jotka liittyvät sähkökäyttöisiin lääkitälaitteisiin. Jokaisessa samaa tarkoitusta palvelevassa lääkitätilassa tulee olla yksi lääkitä-IT-järjestelmä. (ST 51.79, 2020, s. 10.)

Lääkitä-IT-järjestelmässä ei saa käyttää laukaisevaa ylikuormitussuojaa, koska järjestelmän tärkein ominaisuus on syötön jatkuvuuden turvaaminen. Laukaisevaa ylikuormitussuojaa on kuitenkin käytettävä muuntajan syötössä, ja sitä mitoitettaessa on huomioitava kytkennän virtasysäys sekä mahdollinen vikaantuminen. Suojaerotusmuuntajan toisiopuoleen kytkettyjen ryhmäjohtojen ylivirtasuojat on oltava kaksinapaisia, koska järjestelmässä on vain kaksi äärijohdinta. (ST 51.79, 2020, s. 10.)

3.3.1 Eristystason valvonta

Lääkitä-IT-järjestelmää on valvottava standardin EN 61557-8 mukaisella eristystilan valvontalaitteella, ja sen tulee olla lähellä järjestelmän syöttöpistettä. Lisäksi valvontajärjestelmään voidaan liittää standardin EN 61557-9 mukainen eristysvian paikannusjärjestelmä. (ST 51.79, 2020, s. 10.)

Jokaisessa lääkitä-IT-järjestelmässä tulee olla hälytyslaite, jossa on näkyvä ja kuuluva hälytys. Hälytyslaitteen komponentit on sijoitettava niin, että tekninen- ja hoitohenkilökunta voivat valvoa niitä jatkuvasti. Tällaisia komponentteja ovat:

- vihreä merkkivalo, joka osoittaa laitteen normaalitilaa

- keltainen merkkivalo, joka osoittaa, että asetettu eristysresistanssin arvo on saavutettu. Merkkivalon tulee sammua, kun laite palautuu normaalitilaan. Merkkivalo ei saa olla poiskytkettävissä tai kuitattavissa
- äänihälytys, joka osoittaa, että asetettu eristysresistanssin arvo on saavutettu. Äänihälytys saa olla kuitattavissa. (ST 51.79, 2020, s. 10.)

3.3.2 Ylikuormituksen valvonta

Lääkintä-IT-järjestelmässä tulee valvoa syöttävän muuntajan ylikuormitusta ja siitä aiheutuvaa yllilämpenemistä. Poikkeuksena riittää pelkkä ylikuormituksen valvonta, kun muuntaja asennetaan sellaiseen paikkaan, jossa se todennäköisesti ei lämpene liikaa. (ST 51.79, 2020, s. 10.)

3.4 Maadoitukset

Maadoituksella varmistetaan sähköasennusten turvallinen ja luotettava toiminta pienjänniteverkossa. Sillä muodostetaan maahan johtava yhteys, jota käytetään sähköiskulta suojaamiseen sekä häiriösuojaukseen. Suojaus sähköiskulta tehdään maadoitukseen liitettävillä suojajohtimilla, kun käytetään syötön automaattista poiskytkentää. (ST 53.21, 2018, s. 3.)

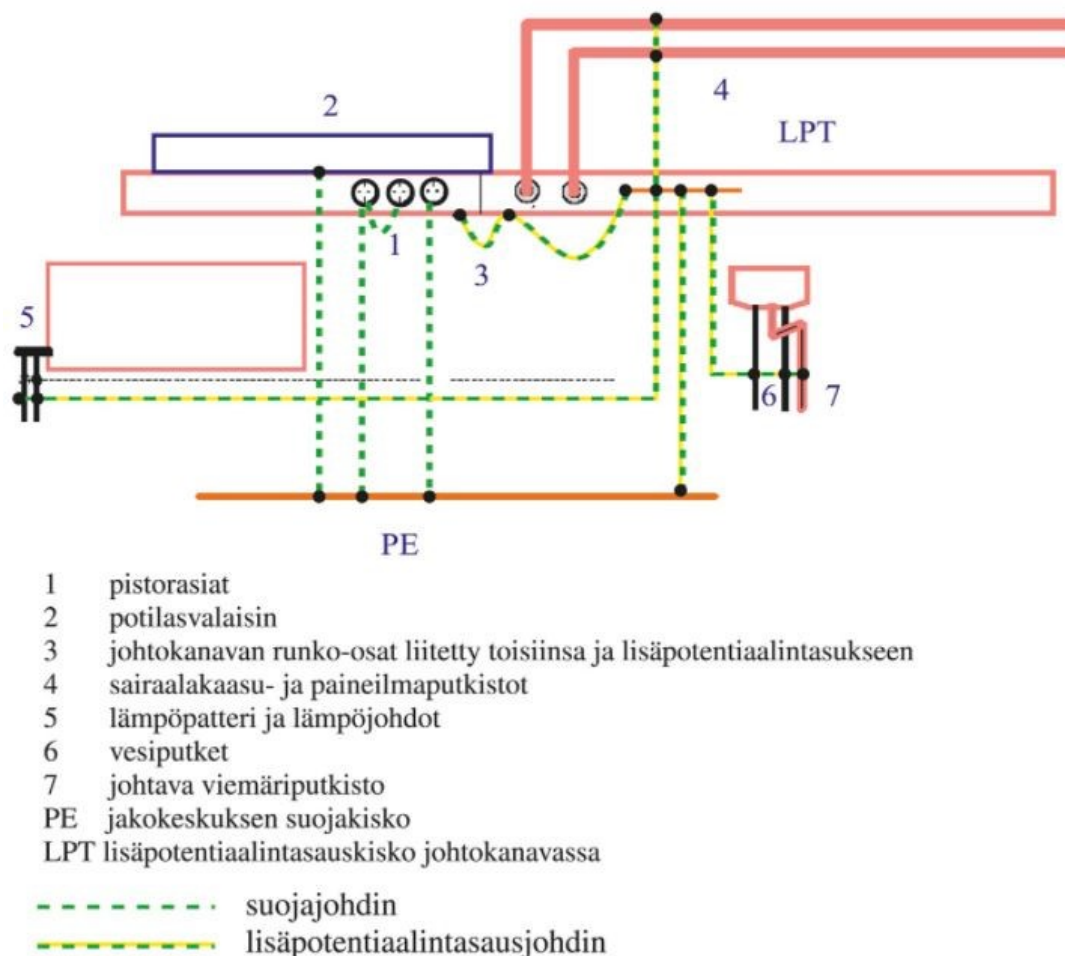
Yhdistys maahan tehdään joko suoraan maadoituselektrodilla tai johtavan väliaineen kautta. Maadoituselektrodin materiaalin ja rakenteen tulee olla tarpeeksi korroosionkestäviä sekä sähköisesti ja mekaanisesti mitoitettuja. Maadoitusresistanssiin ja potentiaalintasaukseen vaikuttaa maadoituselektrodin muoto ja laajuus. Renkaan muotoista perustusmaadoituselektrodiä suositellaan asennettavaksi kaikkiin rakennuksiin. (ST 53.21, 2018, s. 3.)

3.5 Lisäpotentiaalintasaus

Lisäpotentiaalintasauksen tarkoituksena on pienentää potentiaalieroja samanaikaisesti kosketeltavien johtavien osien välissä. Kaikki hoitoalueen sähkölaitteita syöttävät

suojamaadoitusjohtimet ja muut johtavat osat, joissa voi ilmaantua tietty potentiaali, liitetään lisäpotentiaalintasaukseen. Yleensä helpoin tapa yhdistämiseksi on liittää lää-
kintätilan lisäpotentiaalintasauskisko syöttävän jakokeskuksen suojakiskoon. Yhdistä-
miseen suositellaan 16 mm² kuparijohtinta. Lisäpotentiaalintasauskisko voidaan myös
sijoittaa jakokeskuksen sisälle, jos lääkintätila on jakokeskuksen lähellä. (SFS 6000-
7-710, 2017, s. 28.)

Lisäpotentiaalintasaus tulee tehdä kaikissa ryhmän 1 ja 2 lääkintätiloissa. Potentiaa-
lierojen tasaamiseksi lisäpotentiaalintasausjohtimet liitetään potentiaalintasauskis-
koon hoitoalueella tai sinne mahdollisesti siirrettävien osien välillä (kuva 2). Tällaisia
ovat suojamaadoitusjohtimet, muut johtavat osat, häiriökenttien suojukset, johtavien
lattioiden metalliverkot sekä erotusmuuntajien metalliset sähköiset suojat. (ST 51.79,
2020, s. 11.)



Kuva 2. Esimerkki lääkintätilan lisäpotentiaalintasauksesta. (D1, 2017, 710).

Ryhmän 1 lääkintätiloissa lisäpotentiaalintasaukseen liitetään yleensä vesi-, lämpö-, viemäri-, kaasu- ja imujärjestelmien putkistot sekä johtokanavien rungot, jos ne ylettyvät hoitoalueelle. Suojajohtimen resistanssille ei ole asetettu selkeitä vaatimuksia ryhmän 1 lääkintätilassa, mutta ohjeellisena raja-arvona pidetään 0,2 Ω . Ryhmän 2 lääkintätiloissa myös kattokeskusten ja leikkaussalivalaisimien rungot sekä laitteiden ripustamiseen tarkoitetut kiskot liitetään lisäpotentiaalintasaukseen. Ryhmän 2 lääkintätiloissa suojajohtimen ja liitosten yhteenlaskettu resistanssi ei saa olla suurempi kuin 0,2 Ω . (ST 51.79, 2020, s. 12.)

3.6 SELV- ja PELV-järjestelmä

SELV- ja PELV-järjestelmien jännitelähteinä voidaan käyttää esimerkiksi standardin EN 61558-2-6 mukaista suojajännitemuuntajaa. Molemmat järjestelmät toimivat enintään 50 V vaihtojännitteellä tai 120 V tasajännitteellä. SELV-järjestelmä tulee erottaa maan potentiaalista peruseristyksellä, mutta PELV-järjestelmä voidaan tarvittaessa maadoittaa yhdistämällä jännitelähde maahan. (ST 53.28, 2019, s. 2, 4–5.)

Kulutuskojeiden nimellisjännite saa olla enintään 25 V vaihtojännitettä ja 60 V tasajännitettä, kun ryhmän 1 ja 2 lääkintätiloissa käytetään SELV- tai PELV-järjestelmää. Perussuojaus tulee toteuttaa käyttämällä kotelointia ja suojuksia tai eristämällä jännitteiset osat. Ryhmän 2 lääkintätiloissa, joissa käytetään PELV-järjestelmää, tulee jännitteelle alttiit johtavat osat kytkeä suojaavaan potentiaalintasaukseen. (SFS 6000-7-710, 2017, s. 12.)

4 LÄÄKINTÄTILOJEN KÄYTTÖNOTTOTARKASTUKSET

Käyttönottotarkastus tehdään aina ennen kuin uusi asennus otetaan käyttöön tai ole-massa olevaan asennukseen tehdään lisäyksiä tai muutoksia. Standardin SFS 6000-6 mukaisesti tehdyllä käyttönottotarkastuksella varmistetaan, että asennukset ovat val-tioneuvoston asetuksen (1437/2016) mukaiset. Käyttönottotarkastusten tekijän tulee

olla ammattitaitoinen ja sähköalan ammattilainen, sekä tarvittavassa laajuudessaan tuntea kyseiseen työhön liittyvät määräykset ja ohjeet. (ST-käsikirja 33, 2018, s. 9.)

Käyttöönottotarkastukseen kuuluu erilaisia mittauksia ja toimintatestejä aistinvaraisen tarkastuksen lisäksi. Aistinvaraista tarkastusta suoritetaan koko työn ajan. Laskennallisesti osoitettujen arvojen perusteella voidaan korvata osa mittauksista, mutta tällöin on järkevää tehdä pistokoetyyppisiä tarkistusmittauksia. Näin varmistutaan, että laskennassa käytetyt lähtöarvot ja muut tiedot ovat oikein. (ST-käsikirja 33, 2018, s. 18.)

Ennen kuin jännite kytketään ensimmäistä kertaa, tulee varmistaa, että sähköasennukset ovat riittävän turvallisisessa kunnossa. Aistinvaraisen tarkastuksen lisäksi tehdään osa mittauksista jännitteettömänä. Tällaisia mittauksia ovat suojajohtimien jatkuvuusmittaukset, eristysresistanssimittaukset, SELV-, PELV-piirien tai suojaerotettujen piirien erotusmittaukset, lattia- ja seinäpintojen resistanssimittaukset sekä maadoitus-
elektrodin resistanssimittaukset. Suojajohtimien jatkuvuusmittaukset ja eristysresistanssimittaukset on tehtävä koko asennuksen osalta. (ST-käsikirja 33, 2018, s. 18.)

4.1 Aistinvarainen tarkastus

Aistinvaraista tarkastusta tehdään koko työn ajan asennuksesta tai kohteesta riippumatta. Siksi se on laajin käyttöönottotarkastuksiin kuuluva osa-alue. Aistinvarainen tarkastus kohdistuu pääosin merkintöihin, mekaaniseen ja vettä vastaan tehtyyn suojaukseen sekä kosketus- ja palosuojaukseen. Tapauskohtaisesti myös moniin muihin esiin tuleviin vaatimuksiin. Standardisarjan SFS 6000 mukaan aistinvaraiseen tarkastukseen tulee sisällyttää:

- Varmistetaan perussuojauksien toimivuus aistinvaraisesti tarkastamalla suojaukset, koteloinnin olemassaolo, kiinnitys ja eheys, joiden on tarkoitus estää jännitteisten osien koskettaminen. Lisäksi varmistetaan tiloista kotelointiluokkavaatimusten täyttyminen sekä varoituskilpien ja vastaavien olemassaolo. Varmistetaan vaadittujen lisäsuojauksien olemassaolo kohteissa, jossa lisäsuojauksia pitää käyttää.

- Tarkastetaan palosuojauksien käyttö ja toimenpiteet palon leviämisen estämiseksi ja lämmöltä suojaamiseksi. Kiinnitetään huomiota sähkölaitteiden läheisyydessä olevien materiaalien palamiseen, syttymiseen ja huononemiseen. Tarkastetaan johtojärjestelmien oikea valinta sekä palo-osastojen läpiviennit palon leviämisen estämiseksi.
- Tarkastetaan johtimien valinta kuormitettavuuden ja jännitteenaleneman kannalta sekä todetaan ylikuormitus- ja oikosulkusuojauksien olemassaolo ja niiden sijoittelu. Varmistetaan suojalaitteiden asettelu, selektiivisyys ja yhteensopivuus. Tarkastetaan johdinpituuksien muutokset jännitteenaleneman ja laskennallisten oikosulkuvirta-arvojen kannalta.
- Varmistetaan, että suoja- ja valvontalaitteet ovat oikein valittu ja asennettu sekä tarkastellaan ylijännitesuojauksen toteutusta ja toimivuutta.
- Varmistetaan, että erotus- ja kytkentälaitteet ovat oikein valittu, sijoitettu ja asennettu. Varmistetaan sähkölaitteiden tarvitsemien käyttö- ja ohjauslaitteiden sijainti sekä huollon aikana tarvittavat pois- ja hätäkytkentälaitteet. Lisäksi tarkistetaan näiden kilvet ja käyttömerkinnät.
- Tarkastetaan, että sähkölaitteet ja suojausmenetelmät on valittu oikein ulkoisten tekijöiden vaikutuksen mukaan. Tilat, joissa on materiaaleista johtuva palovaara, tulee varmistaa sähkölaitteiden asennuksien oikeellisuus. Varmistetaan, että sähkötarvikkeissa ja -asennuksissa on otettu huomioon ympäristön lämpötila, veden esiintyminen, vieraat kiinteät esineet, iskut, värähtelyt, muut mekaaniset rasitukset, kasvillisuus- ja homekasvustot, eläinten esiintyminen, auringonsäteily, seismiset vaikutukset, tuuli, käsiteltävien ja varastoitavien materiaalien luonne sekä rakenteiden suunnittelu.
- Tarkastetaan nolla- ja suojajohtimien tunnuksiset sekä johdinvärien oikea ja standardinmukainen käyttö.
- Tarkastetaan, että kaikki käytön, hoidon ja huollon tarvitsemat dokumentit, piirustukset ja varoituskilvet ovat kohteessa helposti saatavilla ja käytettävissä.

- Varmistetaan kohteen virtapiirien, varokkeiden, kytkimien ja liittimien merkinnät, jotta sähkölaitteistoa on turvallista ja virheetöntä käyttää.
- Tarkastetaan, että johtimien liitokset ja päätteet on tehty oikein ja oikealla menetelmällä sekä toteutettu niitä mahdollisesti koskevien erityisohjeiden mukaisesti.
- Varmistetaan maadoituksen, suojajohtimien, pää- ja lisäpotentiaalintasausjohtimien poikkipinnat ja olemassaolo sekä maadoituselektrodin määräystenmukaisuus. Kohtaan merkitään myös kohteessa käytetyn maadoituselektrodin rakenne.
- Varmistetaan pääsy sähkölaitteiden, johdotusten ja liitosten luokse myöhemmä tarkastusta tai muuta toimenpidettä, kuten huoltoa varten.
- Varmistetaan jo asennusvaiheessa, että yksivaiheiset kytkinlaitteet on asennettu äärijohtimiin.
- Aistinvaraiseen tarkastukseen sisältyy kaikki erikoistilojen ja asennusten vaatimukset. Varmistetaan lääkintä-, erikois- ja räjähdysvaarallisten tilojen koskevien määräysten ja ohjeiden noudattaminen siltä osin kuin se on mahdollista. (ST-käsikirja 33, 2018, s. 11–14.)

4.2 Potentiaalintasaus ja suojajohtimen jatkuvuus

Mittauksen tarkoituksena on varmistaa, että vikasuojauksen edellyttämät suojajohdinpäiirit ovat jatkuvia koko matkaltaan eli liitokset on tehty kunnolla ja asianmukaisesti. Mittaus tehdään jännitteettömänä mittaamalla jännitteelle alttiin osan ja näitä lähimpänä olevan pääpotentiaalintasaukseen liitetyn pisteen välinen suojajohtimen resistanssi. Jokainen suojajohdinyhteys on mitattava ja se tehdään laitekohtaisesti. (D1, 2017, 61.3.2.)

Suojajohtimiksi luokitellaan maadoitusjohtimet, suojamaadoitusjohtimet, PEN-johtimet ja potentiaalintasausjohtimet. Mittauksessa ei yleensä irroteta suojajohtimia kytkennästä, mutta TN-S-järjestelmässä nolla- ja suojamaadoitusjohtimet on irrotettava toisistaan mittauksen ajaksi. Sama toimenpide tehdään myös eristysresistanssimittauksessa. Ryhmäjohtotasolla mittauksia tehdessä riittää keskusta syöttävän nousujohdon nollajohtimen irtikytkentä. Näin varmistetaan, ettei nolla- ja suojamaadoitusjohdin vaihdu keskenään mittauksen aikana. Mittaustulokset ovat melko pieniä, koska yleensä mitataan kuparijohtimien resistanssia. Tulokset vaihtelevat arvoissa 0–2 Ω, mutta pitkällä johdinpituuksilla arvot voivat olla suurempiakin. (ST-käsikirja 33, 2018, s. 19.)

Mittauksessa käytettävien mittajohtojen resistanssi on kompensoitava mittarissa tai se on vähennettävä mittaustuloksesta. Tämä tapahtuu tekemällä ensimmäinen mittaus mittajohtimien päät yhdessä. Mittausta tehdessä tulee huomioida liitokset, sillä pienikin ylimenovastus voi vaikuttaa saatuun mittaustulokseen. Erilaisia mittapäitä tulee olla riittävästi, jotta voidaan käyttää kohteeseen sopivinta mittapäätä. Mittajohtimien kompensointi tehdään uudelleen, jos mittapäitä vaihdetaan kesken mittauksen. Lyhyillä johdinpituuksilla yksittäisen suojajohtimen mittaamiseen helpoin tapa on käyttää koko johdinpituuden mittaista apujohdinta. Pidemmillä johdinpituuksilla voidaan käyttää apuna jo valmiiksi mitattua referenssipistettä johtimen loppupäässä. Näin vältetään pitkältä apujohtimelta. (ST-käsikirja 33, 2018, s. 19–21.)

Keskuskohtaisista mittaustuloksista on suositeltavaa kirjata ainakin suurin esiintyvä arvo. Järkevä menettelytapa kuitenkin on kirjata ylös kaikki mittaustulokset, koska tarvittaessa kaikki tulokset on annettava laitteiston haltijalle. Ennen mittauksia onkin syytä selvittää, millaista käytäntöä kohteessa noudatetaan. (ST-käsikirja 33, 2018, s. 20.)

Potentiaalintasauksen jatkuvuusmittauksen testausvirraksi suositellaan ryhmän 2 (G2) lääkintätiloissa 10 A. Ryhmän 1 (G1) testausvirraksi riittää normaali SFS 6000-6 mukainen 200 mA:n virta. (ST 51.79, 2020, s. 26.)

Ryhmän 2 (G2) lääkintätiloissa suojajohtimien ja liitosten yhteenlaskettu resistanssi lisäpotentiaalintasauskiskon ja pistorasioiden tai kiinteästi asennettujen laitteiden

suojaliittimien tai muiden johtavien osien välillä ei saa olla suurempi kuin $0,2 \Omega$ (SFS 6000-7-710, 2017, s. 12.)

4.3 Eristysresistanssin mittaus

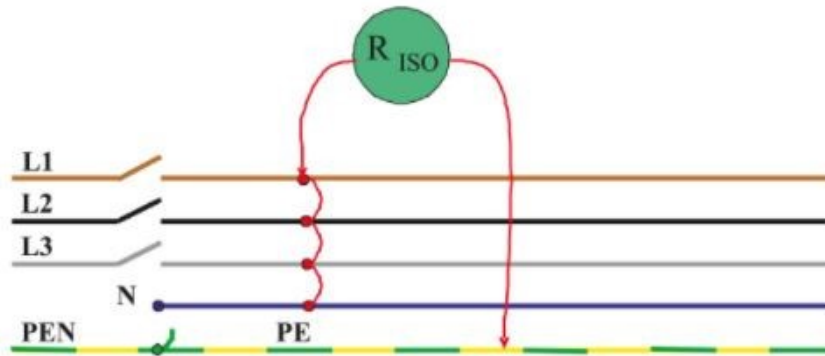
Standardissa on mainittu eristysresistanssin mittaus vasta suojajohtimen jatkuvuusmittauksen jälkeen, mutta pienemmissä kohteissa voi olla järkevämpää tehdä eristysresistanssin mittaus ensimmäisenä. Standardissa kerrotaan myös tästä mahdollisuudesta.

Eristysresistanssimittauksessa mitataan kaikkien jännitteisten johtimien ja maan väliltä (kuva 3 ja 4). TN-S-järjestelmässä nollajohdinta pidetään myös jännitteisenä johtimena. Ääri- ja nollajohtimet voidaan kytkeä yhteen mittauksen ajaksi, jolloin pienemmissä kohteissa yksikin mittaus voi riittää. Mitattavassa piirissä olevat elektroniset laitteet tai ylijännitesuojat, jotka voivat rikkoutua tai vaikuttaa mittaukseen, tulee erottaa ennen mittauksen suorittamista. Jos tällaisia laitteita ei voida järkevästi erottaa, voidaan mittausjännite normaalin 500 V DC sijasta pienentää 250 V DC. Tässäkin tapauksessa arvon pitää olla vähintään $1 \text{ M}\Omega$ ja tarkastuspöytäkirjaan tehdään selkeät merkinnät. (ST-kirja 33, 2018, s. 23.)

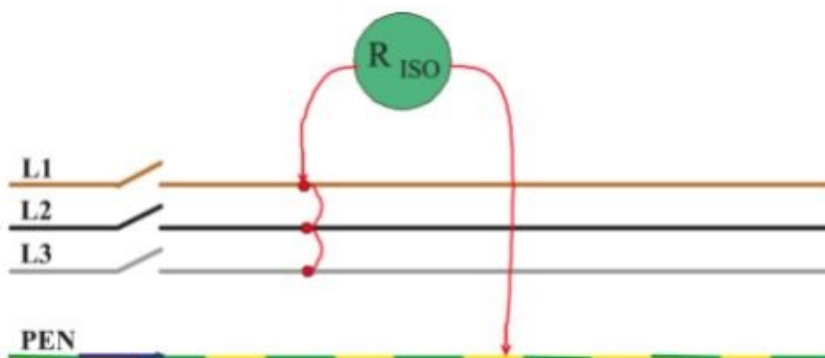
Taulukko 3. Eristysresistanssin sallitut arvot. (ST-käsikirja 33, 2018, s. 25).

Virtapiirin nimellisjännite V	Koejännite (tasajännite) V	Eristysresistanssi $\text{M}\Omega$
SELV ja PELV	250	$\geq 0,5$
Enintään 500 V, edellä olevaa kohtaa lukuun ottamatta	500	$\geq 1,0$
Yli 500 V	1 000	$\geq 1,0$

Ennen varsinaista mittausta kaikki sulakkeet, johdonsuoja-automaatit, vikavirtasuojat, ohjaus- ja käyttökytkimet laitetaan kiinni asentoon. Suositeltavaa on tehdä myös mittaus mittajohtimet oikosuljettuna, jolla varmistetaan mittalaitteen asetukset sekä mittausjohtimien kunto. (ST-käsikirja 33, 2018, s. 23–24.)



Kuva 3. Eristysresistanssimittaus TN-S-järjestelmässä. (D1, 2017, 61.3.3).



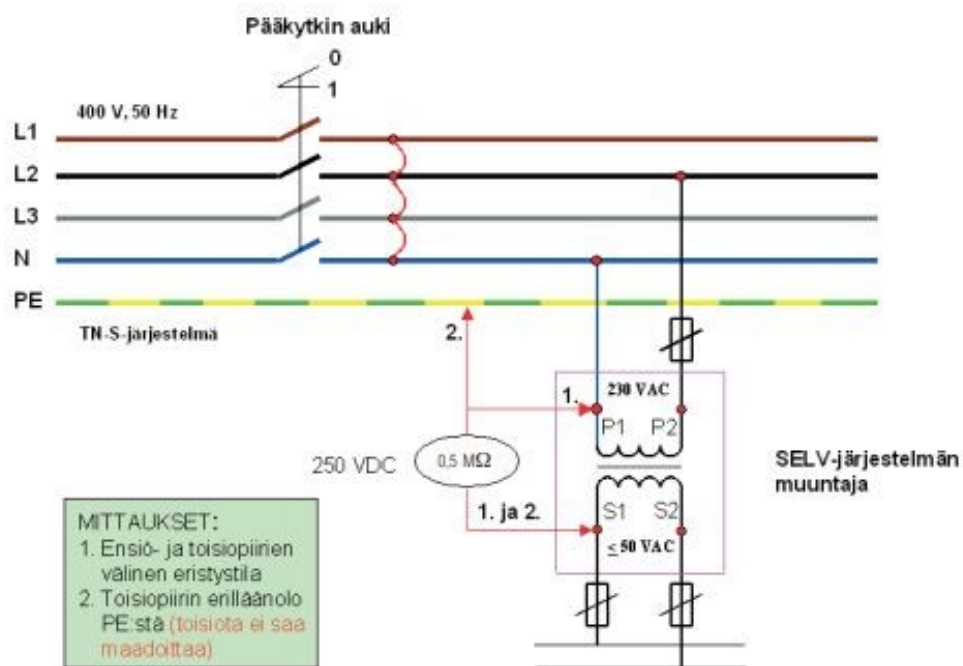
Kuva 4. Eristysresistanssimittaus TN-C-järjestelmässä. (D1, 2017, 61.3.3).

Mittauksia tehdään useampi, jos sähkölaitteisto sisältää SELV- PELV- tai suojaerotusjärjestelmiä, releitä, kontaktoreita tai porrasvalokytcentöjä vaihtokytkimillä. Joitakin releitä ja kontaktoreita voidaan sulkea painamalla esimerkiksi ruuvimeisselillä. Tällöin mittaukset tehdään sulkemalla yksi kontaktori kerrallaan. Jos releitä ja kontaktoreita ei voida mekaanisesti sulkea, mitataan erikseen näiden jälkeinen asennus. (ST-käsikirja 33, 2018, s. 24–25.)

Nollajohtimet on irrotettava asennuksissa, joissa sähköenergian mittauksen ja tariffinohjauslaitteiden nollajohdin on kytketty PEN-johtimeen. Näin estetään kyseisten laitteiden vaurioituminen mittauksen aikana. Irrottamattomien johtimien ja laitteiden kautta syntyy yhteys maan potentiaaliin, jolloin mittaustulokset laskevat alle sallitun arvon. (ST-käsikirja 33, 2018, s. 23.)

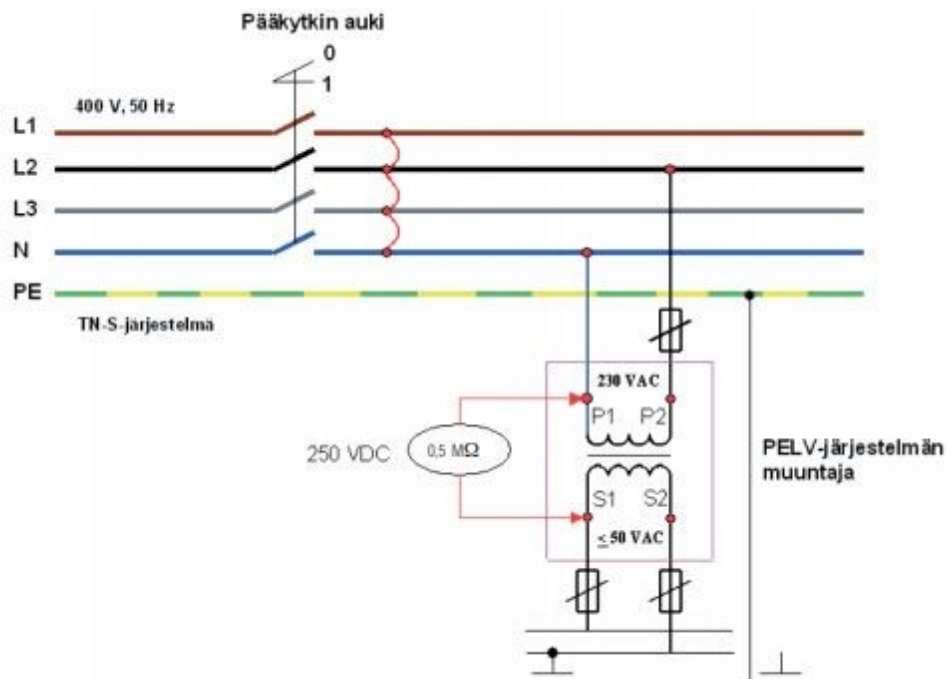
4.3.1 SELV- ja PELV-järjestelmien eristysresistanssin mittaus

SELV-järjestelmässä suojauksena käytetään pienoisjännitettä ($U \leq 50 \text{ V AC}$ tai $U \leq 120 \text{ V DC}$). Järjestelmässä käytettävän muuntajan pitää täyttää suojaerotusmuuntajalta vaadittavat ominaisuudet, kun pienoisjännite tuotetaan normaalista sähköverkosta. Eristysresistanssimittauksella varmistetaan ensiö- ja toisiopuolen erillään olo sekä toisiopuolen ja suojaamaadoituksen erillään olo (kuva 5). (ST-käsikirja 33, 2018, s. 26.) Mittauksessa käytettävä mittausjännite ja vaadittu arvo on esitetty taulukossa 3.



Kuva 5. SELV-järjestelmän eristysresistanssin mittaus. (ST-käsikirja 33,2018, s. 26).

PELV-järjestelmässä käytetään suojauksena samaa pienoisjännitettä, kuin SELV-järjestelmässä. Järjestelmässä voidaan kytkeä suojaamaadoitukseen jännitteelle alttiit kosketeltavat osat ja toinen toisiopuolen navoista. Näin eristysresistanssimittauksessa mitataan vain muuntajan ensiö- ja toisiopuolen erillään olo (kuva 6). (ST-käsikirja 33, 2018, s. 27.) Mittauksessa käytettävä mittausjännite ja vaadittu arvo on esitetty taulukossa 3.



Kuva 6. PELV-järjestelmän eristysresistanssin mittaus. (ST-käsikirja 33, 2018, s. 27).

4.3.2 Lattia- ja seinäpintojen resistanssi tai impedanssi

Lattia- ja seinäpintojen resistanssi- tai impedanssimittauksia voidaan joutua tekemään esimerkiksi sairaaloissa, sähkölaboratorio- ja korjaamotiloissa. Tällöin resistanssi tai impedanssi mitataan vähintään kolmesta kohtaa ja näistä yksi mittaus tehdään noin metrin päässä saman tilan muusta johtavasta osasta. Muut mittaukset tehdään kauempana. Mittauksissa käytetään standardin mukaisia mittausmenetelmiä ja mittauselektrodeja. Mittaukset voidaan tehdä järjestelmän jännitteellä maahan nimellistaajuudella tai pienemmällä jännitteellä ja samalla nimellistaajuudella yhdistettynä eristysresistanssimittaukseen. (ST-käsikirja 33, 2018, s. 28.)

Lattieresistanssimittaus tulee tehdä lääkintätiloissa, joihin asennetaan staattista sähköä poistava puolijohtava lattia. Resistanssin on oltava vähintään 50 kΩ ja pienempi kuin 100 MΩ. (ST 51.79, 2020, s. 14.)

4.4 Syötön automaattinen poiskytkentä

Vikasuojauksen toimivuus varmistetaan tarkastamalla syötön automaattisen poiskytkennän toiminta. Toimivuus voidaan varmistaa joko mittaamalla pienin oikosulkuvirta vaihe- ja suojajohtimen välisessä viassa tai tarkastamalla suunnitteludokumenttien suojauslaskelmien ja asennuksen toteutuksen vastaavan suunnitelmia. Jälkimmäisessä tapauksessa kuitenkin kannattaa tehdä kontrollimittauksia, joilla voidaan tarkastaa suojauslaskelmien oikeellisuus. Vaatimukset täyttyvät, kun viasta johtuva vaarallinen kosketusjännite kytkeytyy pois automaattisesti vaaditussa ajassa tai se rajoitetaan vaarattomaan arvoon. (D1, 2017, 61.3.6.)

Suojajohtimen jatkuvuus on mitattava ennen vikavirtapiirin impedanssin mittausta. Impedanssimittaus on tehtävä piirin nimellistaajuudella ja sitä ei tarvitse usein tehdä kovinkaan kattavana. Laajoja mittauksia joudutaan harvoin tekemään ja isoissakin kohteissa keskuskohtaisia mittauksia tulee vain muutama. Mittaus suoritetaan jokaisesta keskuksesta ja niiden epäedullisimmista pisteistä. Nämä pisteet ovat yleensä ryhmäjohdoissa, jotka ovat pitkiä ja poikkipinta-alaltaan pieniä. Mittaustuloksista voidaan päätellä lisämittausten tarve. Keskusten mittaustulokset helpottavat tulevaisuudessa mahdollisten lisäyksien ja laajennusten toteutuksessa. (ST-käsikirja 33, 2018, s. 31–32.)

TN-järjestelmässä mitatun impedanssin on oltava sellainen, että syötön automaattinen poiskytkentä tapahtuu standardin edellyttämässä ajassa. Vikatapauksessa tulee huomioida myös lämpötilan noususta johtuva resistanssin kasvaminen. Käytännössä tämä tarkoittaa, että mitatun oikosulkuvirran tulee olla 1,25-kertainen laskennalliseen arvoon verrattuna. (ST-käsikirja 33, 2018, s. 32.)

Nykyaikaiset asennustesterit tekevät automaattisesti tarvittavat laskutoimitukset ja ilmoittavat näistä saadun silmukkaimpedanssin sekä oikosulkuvirran. Mittauksessa saatua oikosulkuvirta-arvoa verrataan suojalaitteen taulukkoarvoon, jolla se toimii vaaditussa ajassa. (ST-käsikirja 33, 2018, s. 32.)

Normaalissa kiinteistön pienjänniteverkossa suojalaitteen toiminta-aika-arvoja ovat 0,4 sekuntia ja 5 sekuntia. Johdonsuojakatkaisijoiden vaatima oikosulkuvirta on sama

molemmilla aika-arvoilla, mutta tulppa- ja kahvasulakkeilla oikosulkuvirran tulee olla huomattavasti isompi lyhyemmällä laukaisuajalla. (ST-käsikirja, 2018, s. 32.) Taulukoissa 4. ja 5. on esitetty johdonsuojakatkaisijoiden ja gG-sulakkeiden toimintavirrat sekä vaaditut mitatut arvot.

Taulukko 4. Johdonsuojakatkaisijoiden toimintavirrat ja vaaditut mitatut arvot. (ST-käsikirja 33, 2018, s. 33).

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 5. gG-sulakkeiden toimintavirrat ja vaaditut mitatut arvot. (ST-käsikirja 33, 2018, s. 33).

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

Lääkintä-IT-järjestelmien vaatimustenmukaisuus varmistetaan mittaamalla tai laske-
malla ensimmäisen vian aiheuttama vikavirta ääri- tai nollajohtimessa. Vaatimusten-
mukaisuus pyritään selvittämään laskemalla, mutta aina kaikkia parametrejä ei tun-
neta. Ennen mittauksia on tehtävä varotoimenpiteitä, joilla vältetään kaksoisvian ai-
heuttama vaara. Järjestelmän nollapiste ja suojajohdin on yhdistettävä asennuksen al-
kupisteessä tai pienen impedanssin kautta mittauspisteessä. (ST-käsikirja 33, 2018, s.
31.)

4.5 Vikavirtasuojan testaus

Tarkastus tehdään jokaiselle vikavirtasuojalle erikseen. Ensimmäinen tarkastus on tes-
tipainikkeen toiminnan testaus. Lisäksi varmistetaan mittaamalla, että vikavirtasuoja
toimii nimellistoimintavirrallaan. Yleisimpiä vikavirtoja nimellistoimintavirraltaan
ovat 30 mA (henkilösuojaukseen) sekä 300 mA (palosuojaukseen). Suositellaan, että
vikavirtasuojien poiskytkentäaika mitataan jokaisessa tapauksessa. Mittaus on kuiten-
kin tehtävä aina, kun:

- käytetään käytettyjä vikavirtasuojia
- käytetään vikavirtasuojia poiskytkentälaitteina muutos- ja laajennustöissä
- käytetään vikavirtasuojaa vika- ja lisäsuojaukseen. (ST-käsikirja 33, 2018, s.
34.)

Muita vikavirtasuojille tehtäviä testauksia ovat ns. ramppitesti sekä vikavirtasuojan
jälkeisen nollapiirin ja muiden nollapiirien erillään olon mittaaminen. Ramppitestillä
eli nousevalla vikavirralla tehtävällä mittauksella saadaan yleensä selvitettyä vikavir-
tasuojan todellinen toimintavirta sekä varmistetaan ettei se ole liian herkkätoiminen.
Laitestandardissa sanotaan, että vikavirtasuojan toimintavirran tulee olla 0,5–1-kertai-
nen verrattuna nimellistoimintavirtaan. Mitatut arvot kannattaa merkata tarkastuspöy-
täkirjaan mahdollisia tarkastuksia varten. Vikavirtasuojan jälkeisen nollapiirin ja mui-
den nollapiirien erillään olon mittaamisella estetään aiheettomat laukeamiset vikavir-
tasuojan jälkeisten ryhmien käyttöönotossa. (ST-käsikirja 33, 2018, s. 34.)

4.6 Napaisuus

Nollajohtimeen ei saa asentaa yksinapaisia kytkinlaitteita. Tämän varmistamiseksi standardissa on määritelty napaisuuden varmistus käyttöönottotarkastukseen liittyväksi toimenpiteeksi. Käytännössä napaisuuden varmistaminen tapahtuu kytkinlaitteen asennusvaiheessa ja tarkastuksen suorittaminen jää asentajalle tai häntä valvovalle henkilölle. (ST-käsikirja 33, 2018, s. 34.)

4.7 Kiertosuunnan tarkistaminen

Kiertosuunnan tarkistaminen tulee tehdä monivaiheisille piireille sekä keskuksille. Tarkistaminen tehdään myös niille keskuksille, joista ei lähde yhtään monivaiheista ryhmäjohtoa. Voimapistorasioden kiertosuunnan tarkistamiseen suositellaan pistotulpan sisään rakennettuja testilaitteita. Kiertosuunnan tarkistaminen keskuksista on helppointa tehdä jännitteenkoettimella. (ST-käsikirja 33, 2018, s. 34–35.)

4.8 Toimintatestit

Asennetuille laitteille, kuten kytkin-, käyttö-, ohjaus- ja lukituslaitteille tulee tehdä toimintatestit. Toimintatesteillä varmistetaan, että asennukset ja säädöt ovat asetettujen vaatimusten mukaisia sekä tarkastetaan toiminnalliset kokonaisuudet. Tarvittaessa toimintatesti tehdään myös suojalaitteille. (ST-käsikirja 33, 2018, s. 35.)

Toimintatestit tehdään, kun kaikki asennukset ja ohjaukset ovat valmiita. Varsinkin isommissa kohteissa tähän kannattaa varata riittävästi aikaa. Rakennuksen käyttöönottovaiheessa ilmenevät toimimattomuudet herättävät epäilyksiä urakoitsijan ammattitaidosta sekä antaa negatiivista mainosta. Käyttöönotetussa rakennuksessa vikojen ja puutteiden korjaaminen tulee yleensä kalliimmaksi kuin aiemmassa vaiheessa tehdyt korjaukset ja muutokset. (ST-käsikirja 33, 2018, 35.)

Yllä mainittujen toimintatestien lisäksi lääkintätiloissa tulee suorittaa lääkintä-IT-järjestelmän eristystilan valvontalaitteiden ja akustisen/optisen hälytysjärjestelmien sekä ylikuormitusvalvontalaitteiden toimintakoe. Toimintakoe suoritetaan aina ennen

ensimmäistä käyttöönottoa tai korjausten ja muutosten jälkeen. Lisäksi tarkastellaan sähkönsyötön selektiivisyyttä normaaliverkon sekä turva- ja varavoimajärjestelmien osalta. (SFS-6000-7-710, 2017, s. 19–20.)

4.9 Jännitteenalenema

Standardissa ei ole erikseen vaatimusta sallitusta jännitteenalenemasta. Tarkastus voidaan kuitenkin tehdä mittaamalla tai laskemalla, jos sallitusta jännitteenalenemasta on erikseen sovittu. (D1, 2017, 61.3.10.) Suositellaan, että jännitteenalenema liittymiskohdan ja sähkölaitteen välillä ei saa olla suurempi kuin taulukossa 6. on esitetty. (ST-käsikirja 33, 2018, s. 35.)

Taulukko 6. Suositukset jännitteenalenemille. (ST-käsikirja 33, 2018, s. 36).

Asennuksen tyyppi	Valaistus	Muu käyttö
	%	%
A – Pienjänniteasennus, joka on syötetty suoraan yleisestä jakeluverkosta	3	5
B – Pienjänniteasennus, joka on syötetty yksityisestä teholähteestä ^{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 soveltuvien osien tasoituskertoimia, tai käyttäen piirien suunniteltuja virtoja.		

4.10 Varmennustarkastukset

Kaikille taulukossa 7. esitetyille, ja pääsulakkeiltaan yli 35A:n uusille sähkölaitteistoille on tehtävä varmennustarkastus käyttöönottotarkastusten lisäksi. Varmennustarkastus tulee myös tehdä, jos kyseessä on merkittävä sähkölaitteiston muutos- tai laajennustyö. (Tukes, 2021.)

Taulukko 7. Laitteistoluokat (Tukes, 2021).

Laitteistoluokka	Laitteisto
Luokka 3	verkkoyhtiöiden sähköverkot
Luokka 2	yli 1000 V:n osia sisältävät sähkölaitteistot rakennuksissa tai rakennusten ulkopuolella (suurjänniteliittyjät) ja teholtaan yli 1600 kVA:n pienjänniteliittyjät
Luokka 1	asuinrakennukset, joissa on enemmän kuin kaksi asuinhuoneistoa muu kuin asuinrakennuksen sähkölaitteisto, jossa pääsulakkeet tms. ovat yli 35 A, mm. julkiset rakennukset, liike-, teollisuus- ja maatalousrakennukset, ulkoalueet

Varmennustarkastuksella todetaan, että käyttöönottomittaukset ovat asianmukaisia sekä varmistetaan asennusten turvallisuus pistokokeilla. Varmennustarkastuksen tekee valtuutettu tarkastaja tai tarkastuslaitos, mutta sen teettäminen on sähkötoiden tekijän vastuulla. (Tukes, 2021.)

4.11 Käyttöönottotarkastuspöytäkirjat

Käyttöönottotarkastuspöytäkirja tehdään kaikista uusista asennuksista tai laajennuksista ja muutoksista, kun asennus valmistuu. Poikkeuksena kohteet valtioneuvoston asetuksessa (1434/2016), joista ei edellytetä tarkastuspöytäkirjoja. Tarkastuspöytäkirjat on kuitenkin tehtävä, jos kohteen haltija niitä erikseen pyytää. Järkevää näissä kohteissa kuitenkin on tehdä tarkastuspöytäkirjat siinä laajuudessa ja tarpeeksi tarkasti rajattuna, jotta myöhemminkin voidaan selvittää tehdyt asennukset. (ST-käsikirja 33, 2018, s. 37.)

Uudessa standardissa käyttöönottotarkastuspöytäkirja on määritelty aiempaa tarkemmin ja siihen vaaditaan merkittäväksi myös sellaisia tietoja, joita aistinvaraisissa tarkastuksissa tai testauksissa ei ole esitetty. Käyttöönottotarkastuspöytäkirjan pitäisi sisältää tiedot huolto- ja kunnossapito-ohjelman tarpeellisuudesta sekä ajankohta seuraavalle lakisääteiselle määräaikaistarkastukselle. Lisäksi pöytäkirjassa tulee näkyä

EMC-direktiivin mukaisten vaatimusten täyttymiseksi käytetyt ratkaisut. (ST-käsikirja 33, 2018, s. 37–38.)

Asennuksen tekijä voi ilmoittaa kohteen täyttävän SFS 6000:n vaatimukset vasta silloin, kun tarkastuksissa havaitut viat ja laiminlyönnit on korjattu. Tarkastuksen tekijä allekirjoittaa pöytäkirjan, joka kattaa heidän toiminta-alueensa ja se luovutetaan työn tilaajalle. (ST-käsikirja 33, 2018, s. 37–38.)

5 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selkeyttää lääkintätiloja koskevia erityisvaatimuksia, määräyksiä ja standardeja. Työ koostuu kolmesta eri osiosta. Ensimmäisessä osiossa määritellään lääkintätilojen ryhmittely sekä käsitellään lyhyesti ryhmän 1 ja 2 lääkintätiloja koskevia standardeja ja määräyksiä. Toisessa osiossa käsitellään lääkintätilojen suojausmenetelmiä ja maadoituksia sekä niitä koskevia standardeja ja määräyksiä. Käyttöönottotarkastus osio on tarkoitettu yleisohjeeksi, jossa on lisäksi käsitelty lääkintätilojen käyttöönottotarkastuksia koskevia standardeja ja määräyksiä.

Opinnäytetyön tekemisen koin mielenkiintoiseksi ja se myös kehitti sähköasennuksiin liittyvää osaamistani niin yleisesti, kuin lääkintätilojen osalta. Aiempi työkokemus sairaalaympäristössä hieman helpotti työn tekemistä ja varmasti tulevaisuudessa pystyn hyödyntämään oppimiani asioista.

LÄHTEET

D1. (2017). Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. Sähkötieto. <https://severi.sahkoinfo.fi/>

SFS 6000-4-41. (2017). Suojausmenetelmät. Suojaus sähköiskulta. Suomen standardisoimisliitto. <https://online.sfs.fi/>

SFS 6000-7-710. (2017). Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Lääkintätilat. Suomen standardisoimisliitto. <https://online.sfs.fi/>

ST 51.79. (2020). Ohje lääkintätilojen sähköasennuksiin. Sähkötieto. <https://severi.sahkoinfo.fi/>

ST 53.21. (2018). Rakennusten sähköasennusten maadoitukset ja potentiaalintasaukset. Sähkötieto. <https://severi.sahkoinfo.fi/>

ST 53.28. (2019). Pienoisjännitejärjestelmät SELV, PELV, ja FELV. Sähkötieto. <https://severi.sahkoinfo.fi/>

ST-käsikirja 33. (2018). Rakennusten sähköasennusten tarkastukset. Sähkötieto. <https://severi.sahkoinfo.fi/>

Tukes. (2021). Sähköasennusten käyttööntöövaiheen tarkastukset. Haettu 28.5.2021 osoitteesta <https://tukes.fi/sahko/sahkoasennusten-kayttonottovaiheen-tarkastukset#1286c2e5>

Tukes. (2021). Sähkölaitteistot. Haettu 28.5.2021 osoitteesta <https://tukes.fi/sahko/sahkolaitteistot#1286c2e5>