

# SAIRAALAN SÄHKÖNJAKELUJÄRJESTELMÄT

Niemelä Juho

Opinnäytetyö  
Sähkö- ja automaatiotekniikka  
Insinööri (AMK)

2021

Sähkö- ja automaatiotekniikka  
Insinööri (AMK)

---

<b>Tekijä</b>	Juho Niemelä	Vuosi	2021
<b>Ohjaaja</b>	DI Jaakko Etto		
<b>Toimeksiantaja</b>	Lapin Ammattikorkeakoulu		
<b>Työn nimi</b>	Sairaalan sähköjakelujärjestelmät		
<b>Sivu- ja liitesivumäärä</b>	43 + 3		

---

Opinnäytetyön aiheena oli tutkia sähkösuunnitteluun liittyviä erityispiirteitä, joita on hyvä ottaa huomioon suunnittelussa. Sairaalan sähkösuunnittelu eroaa paljon normaalin kiinteistöjen suunnittelusta, sillä sairaalassa suoritetaan vaativia toimenpiteitä, missä täytyy olla luotettava ja varma sähköjakelu. Tärkein ominaisuus sairaalan sähköjakelussa on UPS-järjestelmä, millä mahdollistetaan potilaan hoitaminen normaaliverkon syötön katkettaessa.

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda dokumentti sairaalassa käytettävistä sähköjärjestelmistä, lääkintätiloissa käytettävistä standardeista ja eri lääkintätilojen erityisvaatimuksista. Työn tavoitteena on kirjoittaa selkokielellä sairaalan sähkösuunnittelussa käytettäviä yleisimpiä termejä, jotta ihmiset, joille asia ei ole niin tuttu, pystyvät ymmärtämään sairaalassa käytettävien sähköjärjestelmien erityispiirteitä.

Tärkeimpinä lähteinä on käytetty lääkintätilojen vaatimukset standardia SFS 6000-7-710:2017, mikä perustuu CENELEC HD 60364-7-710:2012 standardiin, useita Sähköinfo Oy:n ST-kortteja muun muassa UPS-järjestelmistä, varavoimajärjestelmistä ja potentiaalintasauksista. Näiden avulla saatiin luotua monipuolinen kokonaisuus sairaalan sähköistyksestä ja sen standardeista.

Opinnäytetyön tulokseksi saatiin monipuolinen kokonaisuus sairaalan sähköistyksestä ja sen standardeista. Tätä dokumenttia voidaan käyttää, kun tarvitaan ajan tasalla olevaa tietoa työtehtäviin esimerkiksi suunnitteluun tai itsenäiseen opiskeluun. Sähköjakelu sairaalassa on erittäin tärkeää, jotta pystytään turvaamaan potilaan turvallinen hoito tilanteesta riippumatta.

Electrical and Automation  
Engineering  
Bachelor of Engineering

---

<b>Author</b>	Juho Niemelä	Year	2021
<b>Supervisor</b>	Jaakko Etto, DI		
<b>Commissioned by</b>	Lapland University of Applied Sciences		
<b>Subject of thesis</b>	Electrical Systems in Hospital environment		
<b>Number of pages</b>	43 + 3		

---

The purpose of this thesis was to gather information about electrical design in hospital environment. Hospital requires a stable and a reliable electrical power system. The most important attribute in distribution of electrical energy in hospital environment is UPS system. UPS system ensures that a patient can be treated in case of the power outage.

The goal of this thesis was to create a document about normal electrical system, alternative power source and uninterruptible system and to examine standards which apply to medical facilities.

This document is based on standard SFS6000-7-710:2017 which is based on standard CENELEC HD 60364-7-710:2012. I also used multiple ST-cards from Sähköinfo Oy. With these sources I managed to create a comprehensive educational document about electrical systems in a hospital.

As a result, this thesis can be used for educational purposes or in a designing task if information about electrical systems in hospital environment is needed. This guide is necessary to update in the future.

Key words                      Electrical engineering, electrical design, medical facilities, hospital

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	8
2	LÄÄKINTÄILOJEN MÄÄRITTELY .....	9
2.1	Lääkintätila.....	9
2.1.1	Ryhmä 0 (G0).....	10
2.1.2	Ryhmä 1 (G1).....	11
2.1.3	Ryhmä 2 (G2).....	11
2.2	Hoitoalue.....	11
3	SAIRAALAN PÄÄJAKELUJÄRJESTELMÄT .....	12
3.1	Normaali sähköverkko .....	12
3.2	Varmennettu sähköverkko .....	12
3.2.1	Varavoimakone .....	13
3.3	Katkeamaton sähköverkko.....	14
3.3.1	Redundanttinen UPS-järjestelmä .....	16
4	SAIRAALAN PIENJÄNNITEVERKON ERITYISVAATIMUKSET .....	17
4.1	Sairaalan pienjänniteverkko.....	17
4.2	Varavoimajärjestelmä .....	18
4.2.1	Varavoimajärjestelmän syötön luokittelu .....	19
4.3	UPS-järjestelmä.....	20
4.4	IT-järjestelmä.....	21
4.4.1	Lääkintämuuntaja.....	22
4.5	Pienoisjännitejärjestelmät .....	23
4.5.1	Suojausluokat.....	23
4.5.2	SELV (Safety Extra Low-Voltage) .....	24
4.5.3	PELV (Protective Extra Low-Voltage).....	25
4.5.4	FELV (Functional Extra Low Voltage) .....	26
5	POTENTIAALINTASAUUS .....	27
5.1	Lisäpotentiaalintasaus .....	27
6	LÄÄKINTÄILOJEN ERITYISVAATIMUKSET.....	30
6.1	EMC-suojaus .....	30
6.2	Ryhmän 0 lääkintätilat.....	31
6.3	Ryhmän 1 lääkintätilat.....	31

6.4 Ryhmän 2 lääkintätilat.....	34
6.5 Kaapelointi .....	37
6.6 Valaistus .....	38
6.7 Pistorasiat.....	39
7 POHDINTA.....	40
LÄHTEET.....	41
LIITTEET .....	43

## ALKUSANAT

Haluan ensimmäisenä kiittää kaikkia Lapin Ammattikorkeakoulua hyvästä opetuksesta vuosien saatossa, sekä erityisesti opinnäytetyön ohjaajaani Jaakko Ettoa. Iso kiitos myös perheelleni, ystäväilleni ja tyttöystävälleni kannustamisesta.

Oulussa 13.12.2021

Juho Niemelä

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

UPS	Keskeytymätön virransyöttö
IT	Eristetty maa
EMC	Sähkömagneettinen yhteensopivuus
TN-S	Erillinen nolla- ja suojamaadoitusjohdin koko järjestelmässä

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia sairaalan sähköistykseen liittyviä standardeja ja määräyksiä. Aihe tuli mieleeni, kun työskentelen itse OYS TULSA 2030 projektissa, missä rakennamme Ouluun uutta maailman älykkäintä sairaalaa. Projektin parissa olen päässyt hyvin tutustumaan sairaalassa käytettäviin sähköjärjestelmiin, mutta haluan itse syventyä lääkintätiloja koskeviin standardeihin, sekä sairaalan varmennettuun sähkönjakeluun vielä enemmän, jotta osaamiseni projektin parissa kehittyy.

Opinnäytetyön tarkoituksena on myös saada vastaus kysymykseen, miten sairaalassa varmennetaan potilaan turvallinen hoito sähkönjakelun näkökulmasta, miten sairaalassa on toteutettu katkeamaton sähkönjakelu ja mitä sähköjärjestelmiä sairaalasta löytyy.

Opinnäytetyössä syvennytään lääkintätilojen vaatimuksiin suunnittelun kannalta ja sairaalassa käytettäviin jakelujärjestelmiin. Sairaalan sähkösuunnittelun erityispiirteiden ja vaatimusten takia ei työssä ole käsitelty ollenkaan normaalin kiinteistön sähkösuunnittelusta. Opinnäytetyöstä on rajattu pois myös tietotekniset järjestelmät ja keskitytään enemmän vahvavirta puoleen.

Tämän opinnäytetyön avulla muutkin voivat syventyä ja opiskella enemmän sairaalan erityisistä vaatimuksista tai käyttää hyödykseen tulevissa työtehtävissä.

## 2 LÄÄKINTÄTILOJEN MÄÄRITTELY

Sairaalaympäristön sähköasennuksiin pätevät yleensä samat lait ja määräykset, kuin muihinkin kiinteistöjen sähköasennuksiin, mutta lääkintätiloille on määrätty omat poikkeavat standardit SFS 6000-7-710 standardissa, joka perustuu CENELEC HD 60364-7-710:2012 standardiin (ST 51.79 2020, 1).

### 2.1 Lääkintätila

Standardissa SFS 6000-7-710 määritellään, että "Lääkintätila on tila, jossa potilaita tutkitaan, hoidetaan ja valvotaan sähkökäyttöisten lääkintälaitteiden avulla" (SFS 600-1-2 2017, 94).

Lääkintätilat on jaettu kolmeen pääryhmään eri käyttötarkoituksen mukaan; G0, G1, G2. Etukirjaimen "G" avulla erotetaan aiempien vuosien standardin tilaluokitukset tilaryhmittelystä. (ST 51.79 2020, 4.)

"Lääkintätilan ryhmän valinta riippuu sähkökäyttöisen lääkintälaitteen liityntäosan ja potilaan välisestä kosketuksesta ja lääkintätilan käyttötarkoituksesta, jossa sähkönsyötön keskeytyminen voi olla vaaraksi potilaan hengelle. Tämän vuoksi sähköasennusten suunnittelijan tulee aina selvittää yhdessä terveydenhuollon lääketieteellisen johdon ja teknisen henkilökunnan kanssa huonekohtaisesti lääkinnälliset toimenpiteet, joiden perusteella tilaluokitukset sitten tehdään. Alla olevassa taulukossa 1 on määritelty yleisimpiä lääkintätiloja ja niiden ryhmiä." (ST 51.79, 4.)

Taulukko 1. Lääkintätilojen tilaluokitukset (ST 51.79, 5).

Lääkintätila	Ryhmä G0	Ryhmä G1	Ryhmä G2
Hierontahuone	x	x	
Yleissairaalan vuodeosaston potilashuone		x	
Yleissairaalan vuodeosaston päiväsalin, 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	
Tähystysuhuone		x	
Lääkärinkanslia, kun huoneessa ei tehdä tutkimuksia sähkökäyttöisillä lääkelaitteilla	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 sädehoitohuone		x	
Vesihoidohuone		x	
Kuntoutushuone	x	x	
Anestesiatiila		x	x
Leikkaussali			x
Valmisteluuhuone		x	x
Kipsaussali	x	x	
Heräämö		x	x
Leikkaussalin heräämö			x
Sydänkatetrointihuone			x
Tehostetun hoidon huone			x
Angiografihuone			x
Dialyysihuone (lääkelaitteen liityntäosa ihon sisällä, mutta ei sydämessä)		x	
Dialyysihuone (lääkelaitteen liityntäosa sydämessä)			x
Valvontakeskus		x	
Magneettikuvaushuone (MRI)		x	
Isotooppikuvaushuone		x	
WC/pesuhuoneet (tilaluokka riippuu potilaan mahdollisesti käytetystä lääkelaitteesta)	x	x	

### 2.1.1 Ryhmä 0 (G0)

G0 tarkoittaa tilaa, jossa tarkoituksena ei ole käyttää yhtäkään sähkökäyttöistä lääkelaitteen liityntäosaa ja missä syötön katkeaminen ei aiheuta välitöntä hengenvaaraa (ST 51.79 2020, 4).

### 2.1.2 Ryhmä 1 (G1)

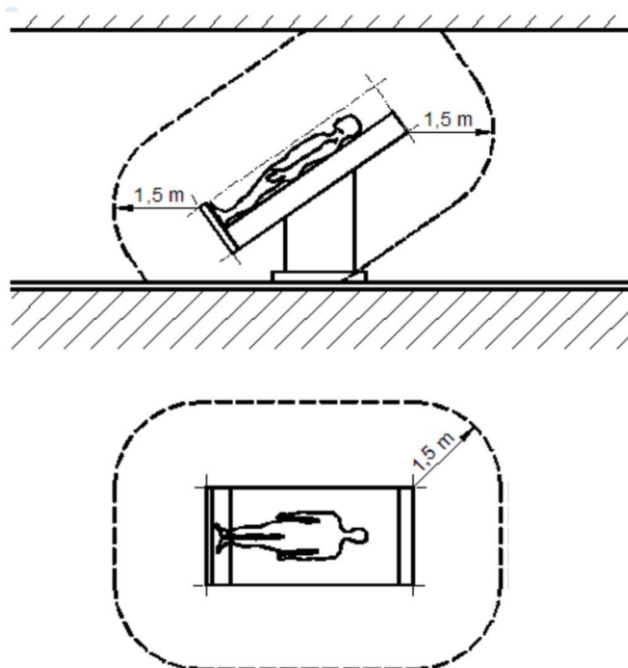
G1 tarkoittaa lääkintätilaa, missä potilaan turvallisuudelle ei aiheudu välitöntä vaaraa sähkönsyötön keskeytyessä esimerkiksi vian takia, sekä sähkökäyttöisiä lääkintälaitteiden liityntäosia käytetään ihon ulkopuolisesti tai ihon sisäisesti mihin vain kehon kohtaan (ST 51.79 2020, 4).

### 2.1.3 Ryhmä 2 (G2)

G2 tarkoittaa lääkintätilaa, missä käytetään sydämenläheisiin toimintoihin, leikkaussalikäyttöön tai tehohoitoon sähkökäyttöisiä lääkintälaitteiden liityntäosia ja niihin kohdistuva vika voi aiheuttaa potilaalle välittömän vaaran (ST 51.79 2020, 4).

## 2.2 Hoitoalue

Lääkintätilassa hoitoalueeksi kutsutaan aluetta, jossa lääkintälaitteen ja potilaan välille tai potilaan ja lääkintälaitetta koskettavan henkilön välille voi syntyä fyysinen kosketus tahallisesti tai vahingossa. Jos tiedetään ennakkoon potilaan sijainti lääkintätilassa, käytetään tällöin 1,5 m:n turvaetäisyyttä, niin kuin kuvassa 1 on esitetty. (ST 51.79 2020, 3.)



Kuva 1. Standardin mukaan määritelty hoitoalue (SFS 600-1-2 2017, 109).

### 3 SAIRAALAN PÄÄJAKELUJÄRJESTELMÄT

#### 3.1 Normaali sähköverkko

Sähkönjakelu sairaalassa koostuu kolmesta eri sähköjärjestelmästä: normaalijakelusta, varavoimajakelusta ja katkeamattomasta UPS-jakelusta. Jakeluverkon rakenne sairaalassa on yleensä tähtimäinen ja keskijänniteverkko toimii sen liityntäpisteenä. Sähkøjakelu-yhtiön verkko, joka syöttää sairaalaa, on rakennettu rengasverkoksi. Sairaalaa on mahdollista syöttää useammasta suunnasta, mutta kuitenkin yhdestä suunnasta kerrallaan. Tällä mahdollistetaan varmennettu syöttö sairaalaan, jos paikallisessa sähköverkossa tulee käyttökatkos. Keskijännitekojeiston tehtävänä on jakaa syöttö sairaalan muuntajille. (Ketola 2020, 33.)

Keskijännitemuuntajien avulla muutetaan keskijännite (20 kV) pienjännitteeksi (0,4 kV). Muuntajia sairaalaan varataan yleensä useampi ja tästä syystä pääkeskuksia on useampia sairaalassa. Tämä edesauttaa sairaalan sähköverkonjakelua, sillä sähköverkon kuormitusta pystytään jakamaan. Pääkeskuksen tehtävänä on syöttää nousukeskuksia. Nousukeskukset syöttävät ryhmäkeskuksia ja muita suurempia kuormituksia. Ryhmäkeskuksilla syötetään sairaalan valaistusta, pistorasioita ja muita pienempiä kuormia. (Ketola 2020, 33.)

Muuntamon pienjännitekeskus eli kiinteistön pääkeskus on yleensä 5-johdinjärjestelmän keskus L1-, L2-, L3-, N- ja PE-kiskoineen. Pienjännitekeskus on yleensä muuntajakohtainen, mikä mahdollistaa pienemmät oikosulkuvirrat keskuksille. Pienjännitekeskuksien välille on suositeltavaa rakentaa varayhteyksiä pienjänniteverkon kautta ja normaalikäytössä niitä pidetään auki. (ST 53.11 14.)

#### 3.2 Varmennettu sähköverkko

Liitteessä 1 on esitetty toteutus varmennetun verkon pääkaaviosta. Kaaviossa on esitetty ratkaisu, jossa on huomioitu keinokuorman ja varasyötön liitynnät omaan kiskonosaan. (ST-käsikirja 31 2019, 36.)

Normaalitilassa kytkinlaitteet Q3 ja Q4 ovat kiinni ja katkaisija Q2 auki. Varavoimakone käynnistyy, jos verkkojännite tippuu asetetulle käynnistysrajalle. Syötönvaihtoautomaatiikka avaa katkaisijan Q1 ja ohjaa katkaisijan Q2 kiinni, jolloin varavoimakone alkaa syöttämään varmennettuja kuormia. (ST-käsikirja 31 2019, 36.)

Syötönvaihtoautomaatiikka vaihtaa syötön määritellyn hidastusajan mukaan verkonsyötölle sen palautuessa normaaliksi. Katkottomassa paluukytkennässä tahdistin saa tahdistuskäskyn syötönvaihtoautomaatiikalta, jolloin tahdistin ohjaa katkaisijan Q1 kiinni, kun verkot ovat tahdissa. Seuraavaksi katkaisija Q2 avautuu syötönvaihtoautomaatiikan käskystä, joka siirtää kuormat katkotta verkolle. Verkolle paluun tapahtuessa katkon kautta syötönvaihtoautomaatiikka ohjaa katkaisijan Q2 auki ja sulkee tämän jälkeen katkaisijan Q1. Varavoimakone pysähtyy kummassakin toimintatavossa vasta, kun se on saavuttanut määritellyn jälkikäyntiajan. (ST-käsikirja 31 2019, 36.)

### 3.2.1 Varavoimakone

Varavoimakoneen tulee olla varmakäyttöinen ja luotettava etenkin sairaalaympäristössä, eikä siitä saa aiheutua vaaraa ulkopuolisille ihmisille tai ympäristölle (ST-käsikirja 31 2019, 85).

Varavoimakone eli dieselgeneraattori koostuu dieselmoottorista, generaattorista, voimansiirrosta moottorin ja generaattorin välillä, käyntitärinän eristimet ja runko- tai alustarakenteesta (Kuva 2) (ST-käsikirja 31 2019, 90).



Kuva 2. Esimerkki dieselgeneraattorista (kW-set 2021).

Varavoimakoneen käynnistyminen pitää tapahtua varmasti ja sen käynnistysaika määritetään käyttötarkoituksen perusteella, esimerkiksi sairaalassa 15 sekuntia sähkönjakelun katkettua. Lisäksi sen tulee käynnistyä ensimmäisellä yrityksellä. Dieselmoottori varustetaan esilämmittimellä sekä automaattisella hälytyksellä. Esilämmityksen tarkoituksena on varmistaa moottorin käynnistyminen lämpötilasta riippumatta ja hälytyksellä varmistetaan esilämmityksen toiminta. (ST-käsikirja 31 2019, 85–86.)

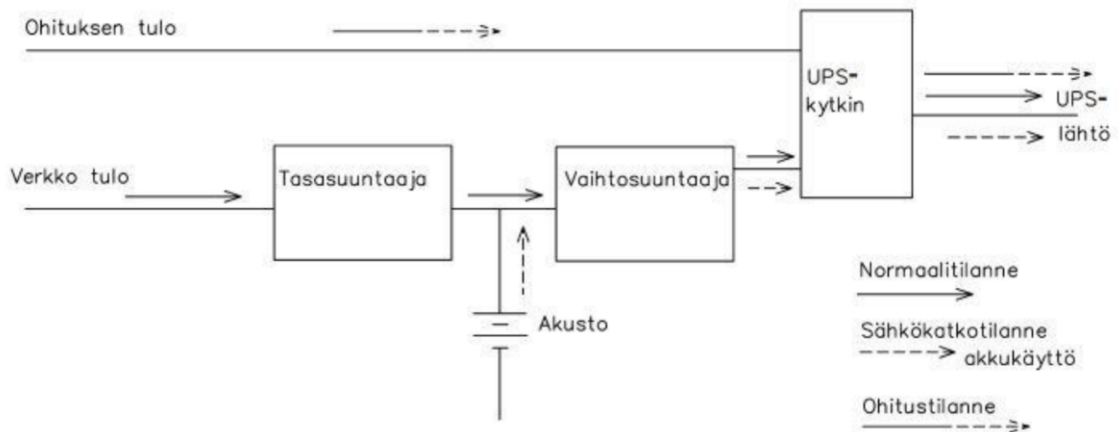
Varavoimakonetta ja sen automatiikkaa testataan säännöllisesti käyttökokeilla, jotta voidaan olla varmoja, että varavoimakone toimii sähkökatkoksen sattuessa. Sairaalaympäristössä käytettävää varavoimajärjestelmää, joka toimii polttomoottorilla, testataan kuukausittain niin kauan, että koneen käyttölämpötila on saavutettu. (SFS 600-1-2 2017, 108.)

### 3.3 Katkeamaton sähköverkko

Sairaalassa UPS-järjestelmällä varmennetaan kaikki kriittiset järjestelmät kuten potilaan elintoimintoja ylläpitävät lääkintälaitteet. UPS-jakelu on osa sairaalan varavoimajärjestelmää ja se perustuu akkuihin. Sen on tarkoitus käynnistyä lyhyen sähkökatkoksen aikana, ennen varavoimajärjestelmän dieselgeneraattoria. (Ketola E 2020, 34.)

Sähkösyöttö saadaan akustoista, joihin on varautunut energiaa, kun yleisen sähköjakelun tuottamaa sähköä ei ole mahdollista syöttää, vaikkapa sähkökatkoksen aikana. Toimintaperiaate UPS-jakelussa on, että se muuttaa vaihtosähkön (AC) tasasähköksi (DC) tasasuuntaajan avulla, varastoi tasasähköä akustoon ja muuttaa tasasähkön (DC) vaihtosuuntaajan avulla vaihtosähköksi (AC). (ST 52.35.01 2010, 1.)

Epävirallisella nimellä tunnettu Online UPS on Double Conversion eli kahden muunnoksen UPS-laite. Toimintaperiaate on, että verkkosähkö muutetaan tasasuuntaamalla ja tämän jälkeen vaihtosuuntaamalla ennen kuin se syötetään kuormalle (Kuva 3). Silloin sen toiminta on riippumaton jännitteen ja taajuuden vaihtelusta. (ST 52.35.01 2010, 4.)



Kuva 3. UPS-laitteen toimintaperiaate (Double Conversion) (ST 52.35.01 2010, 4).

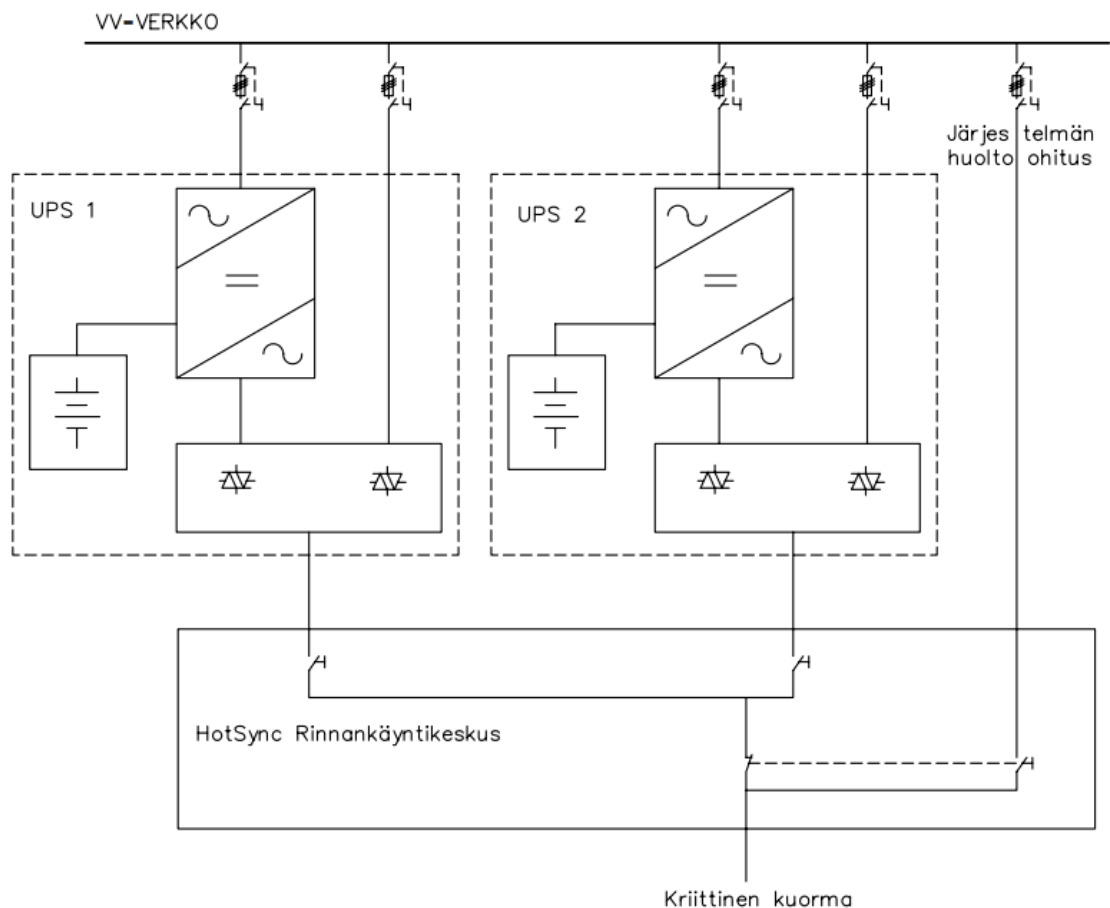
Suomessa käytettävät UPS-järjestelmät on pääasiassa toteutettu on-line-tekniikkaan perustuvalla staattisella UPS-järjestelmällä. Staattisessa UPS-järjestelmässä on staattinen ohituspiiri sekä akusto. Sähkökatkoksen aikana akusto tuottaa määritellyn ajan katkotonta sähköä kriittisille kuormille. (ST 52.35.01 2010, 7.)

Sähkökatkoksen sattuessa akusto ja tasasuuntaaja syöttää rinnankytkennässä vaihtosuuntaajaa, jolloin se ei aiheuta muutosta jännitteessä ja taajuudessa UPS-lähdössä. Sähkönjakelun palautuessa normaaliin tilanteeseen tasasuuntaaja syöttää taas vaihtosuuntaajaa, mikä lataa akuston samalla. (ST 52.35.01 2010, 3.)

Jos kuormassa tapahtuu ylikuormitus- tai vikatilanne, vaihtaa UPS-kytkin eli elektroninen ohituskytkin kuorman syötön sähköverkolle. Se ei aiheuta kuormalle jännitteen muutosta tai katkaise syöttöä sähköverkon arvojen ollessa sallituissa rajoissa. (ST 52.35.01 2010, 3–4.)

### 3.3.1 Redundanttinen UPS-järjestelmä

Redundantisella UPS-järjestelmällä saadaan luotettavampi sähköverkko (Kuva 4). Se voi koostua kahdesta tai useammasta UPS-laitteesta. Tällöin yhden UPS-laitteen vikaantuminen ei vielä aiheuta sähkönsyötön katkeamista, sillä toinen UPS-laite voi omillaan syöttää kriittisiä kuormia. Tämä ominaisuus on myös hyödyllinen huoltotilanteessa, kun UPS-laite pystytään huoltamaan ilman syötön täydellistä katkeamista. (ST 52.35.01 2010, 6.)

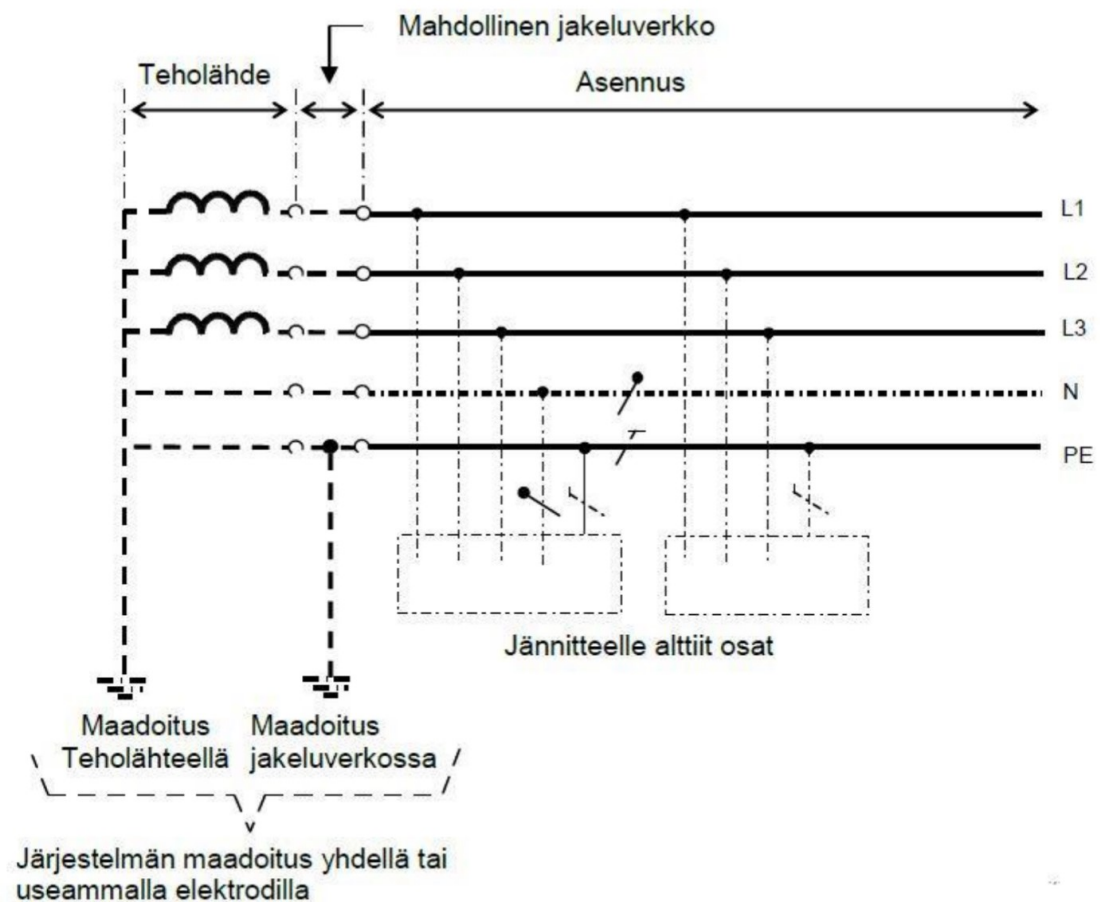


Kuva 4. Redundanttisen UPS-järjestelmän periaatekaavio (ST 52.35.01 2010, 6).

## 4 SAIRAALAN PIENJÄNNITEVERKON ERITYISVAATIMUKSET

### 4.1 Sairaalan pienjänniteverkko

Sairaalassa on käytössä TN-S-järjestelmä koko sähköasennuksessa, myös pääkeskuksissa. TN-S-järjestelmässä on erillään oleva nolla- ja suojamaadoitusjohdin (Kuva 5). (ST 51.79 2020, 5; SFS 600-1-1 2017, 53.)



Kuva 5. TN-S-järjestelmä, jossa erilliset nolla- ja suojamaadoitusjohtimet SFS 600-1-1 2017, 53).

Normaalista kiinteistösähköistyksestä sairaalan sähköverkko poikkeaa siitä, että siellä käytetään useampaa jakelujärjestelmää. IT-verkkoa (Isolated Terra) käytetään sairaalassa, sekä varavoimaa ja UPS-verkkoa (Uninterruptible Power System) harvemmin käytetään normaalissa kiinteistössä. (Alaruikka 2017, 21.)

Suunniteltaessa jakelujärjestelmiä on tärkeä huomioida potilasturvallisuuteen liittyvien järjestelmien luotettava toiminta sekä sähkökatkositilanteessa sujuva siirtyminen varmennetun sähköverkon käyttöön. Tärkeimmät kuormitukset

siirretään automaattisesti pääsähkönjakelusta varavoimajärjestelmään. (ST 51.79 2020, 6.)

Liitteessä 2 on esitetty esimerkki sairaalan sähköverkon rakenteesta. Ryhmän 2 lääkintätiloihin tulee lääkintä IT-järjestelmän kautta syöttö elintoimintoja ylläpitäville laitteille ja muille ei elintoimintoja ylläpitäville tulee syöttö normaalijakelun kautta. Ryhmän 1 lääkintätiloille tulee syöttö normaalijakelun sekä varavoimajakelun kautta. Alle 15 sekunnin syöttö (UPS) tarvittaessa alkaa syöttämään normaalijakelun sijaan ryhmän 1 ja 2 lääkintätiloja. (SFS 600-1-2 2017, 122.)

Sähkötiloissa noudatetaan standardin SFS 6000-7-729 asettamia vaatimuksia ja paloturvallisuuteen liittyviä säädöksiä. Jakokeskusten täytyy olla SFS-EN 61439 -standardisarjan mukaisia. (ST 51.79 2020, 6.)

Keskuksen kansissa käytetään eri värejä tai keskusrungot rajataan selkeällä maali tai teippirajauksella. Keskuksissa käytetään samoja värejä kuin pistorasioissa (Taulukko 4). (ST 51.79 2020, 6.)

#### 4.2 Varavoimajärjestelmä

Varavoimajärjestelmällä tarkoitetaan sähkönsyöttöjärjestelmää, jonka käyttötarkoitus on ylläpitää sähkönsyöttöä toiminnan kannalta tarpeellisille sähköasennuksille tai sen osiin normaalin sähkönsyötön katketessa. Sairaalassa sen avulla voidaan jatkaa potilaiden hoitoa sähkönjakelun häiriötilanteessa. (ST 51.79 2020, 4.)

Suunniteltaessa varavoimajärjestelmän syöttöjen luokitteluja olisi hyvä tehdä yhteistyötä sairaalan lääkintähenkilökunnan sekä lääkinnällisestä turvallisuudesta vastaavan henkilön tai henkilöiden kanssa. Sairaalaan kuuluvissa lääkintätiloissa varavoimapistorasioihin kytketään lääkintätoimenpiteiden kannalta tärkeimmät sähkökäyttöiset laitteet. (ST 51.79 2020, 18.)

Jännitteen pudotessa pääkeskukselta alle 90 % käyttöjännitteestä (230 V), mihin tulee syöttö yleiseltä jakeluverkolta, tulee varavoimajärjestelmän kytkeytyä

automaattisesti päälle huolehtimaan sähkönsyöttämisestä. Mahdollista palotilannetta olisi hyvä miettiä etukäteen riskiarvioinnin avulla edellytetäänkö palotilanteessa varavoimajärjestelmän toimintaa, sillä jos edellytetään, tulee varavoimajärjestelmän syöttöjen, teholähteiden ja lääkintälaitteita syöttävien keskuksien olla palonkestäviä. (SFS 6000-1-2 2017, 106.)

#### 4.2.1 Varavoimajärjestelmän syötön luokittelu

Sairaalassa tulee olla varavoimajärjestelmä, jonka avulla mahdollistetaan lääkintätilan toiminnan jatkamisen vikatilanteessa. Yleensä sairaalassa varavoiman keskeytysaika on enintään 0,5 s ja 15 s, mutta tarvittaessa sairaala voi vaatia lisävaravoimaa pitkien sähkökatkosten yllättäessä ja täten voidaan käyttää myös yli 15 s:n kytkeytymisaikaa omaavaa varavoimaa. Ryhmän 2 tiloja sisältävät hoitolaitokset yleensä vaativat molemmat luokan 0,5 ja 15 järjestelmät. (ST 51.79 2020, 17.)

Varavoimajärjestelmän syöttö jaetaan viiteen eri kategoriaan, mutta niistä kolme on käytössä lääkintätiloissa (Taulukko 2).

Taulukko 2. Varavoimajärjestelmän syötön luokitukset (SFS 600-1-2 2017, 110).

Luokka 0 (ei katkoa)	automaattinen syöttö ilman katkoa
Luokka 0,15 (hyvin lyhyt katko)	automaattinen syöttö 0,15 s:n kuluessa
Luokka 0,5 (lyhyt katko)	automaattinen syöttö 0,5 s:n kuluessa
Luokka 15 (keskipitkä katko)	automaattinen syöttö 15 s:n kuluessa
Luokka >15 (pitkä katko)	Automaattinen tai käsin ohjattu syöttö yli 15 s:n kuluessa

Luokassa 0,5 varavoiman tehonlähteen tulee kyetä syöttämään ainakin 3 tunnin ajan leikkausvalaisimia, lääkintäsähkölaitteita, mihin kuuluu käytön kannalta muita oleellisia valaisimia esimerkiksi tähystysvalaisimia ja mukaan luettuna niihin liittyvät laitteet esimerkiksi monitorit, sekä kriittiset elämää ylläpitävät lääkintälaitteet. (SFS 600-1-2 2017, 106.)

Luokassa 15 tulee varavoimajärjestelmän kytkeä 15 sekunnin aikana poistumisvalaistus ja varavalaistus päälle ja kyetä syöttämään niitä ainakin 24 tuntia. (SFS 6000-1-2 2017, 107.)

Luokan 15 varavoimajärjestelmään liitettävät hoitolaitteet tarvitsevat vain pienen osan sairaalan sähkötehosta, mikä ei siis lisää merkittävästi varavoimaverkon tehon tarvetta. Toimenpidetilojen ja potilashuoneiden pistorasiat, joita käytetään potilaiden hoitoon, kannattaa liittää varavoimaverkkoon. (ST 51.79 2020, 20.)

Luokan 15 tai >15 syöttöjärjestelmissä on tehonlähteenä yksi tai useampi dieselgeneraattori. Vaatimuksina voidaan hyödyntää standardin SFS 5726 asettamia televerkon voimalaitteiden vaatimuksia soveltuvin osin. Olisi hyvä myös ottaa huomioon seuraavat lisävaatimukset:

- Mitoitusvirta tehonlähteeseen täytyy olla ainakin 10-kertainen IT-järjestelmään kytkettyjen suojaerotusmuuntajien mitoitusvirtojen summaan nähden.
- Kolmivaiheisen varavoimakoneen tulee kyetä syöttämään epäsymmetristä vaihekuormaa. (ST 51.79 2020, 18.)

#### 4.3 UPS-järjestelmä

UPS-järjestelmää käytetään keskeytymättömän tehon syöttöjärjestelmänä, jossa UPS-laite on elintärkeä tehonlähde kriittisille kuormille esimerkiksi elintoimintoja ylläpitäville lääkintälaitteille ja sen tarkoitus onkin syöttää niille häiriötöntä ja katkeamatonta vaihtosähköä niille. (ST 52.35.01 2010, 1.)

UPS-järjestelmän 0,5 s:n kytketymisajan tehonlähde toteutetaan akustoilla, DRUPS/UPS-järjestelmillä tai vastaavilla. Tehonlähteisiin liitetään kaikista kriittisimmät kuormitukset, esimerkiksi leikkausvalasimet tai elämää ylläpitävät laitteet, joissa syötön katkeaminen voi pahimmassa tapauksessa aiheuttaa vaaratilanteen potilaalle tai henkilökunnalle. (ST 51.79 2020, 18–19.)

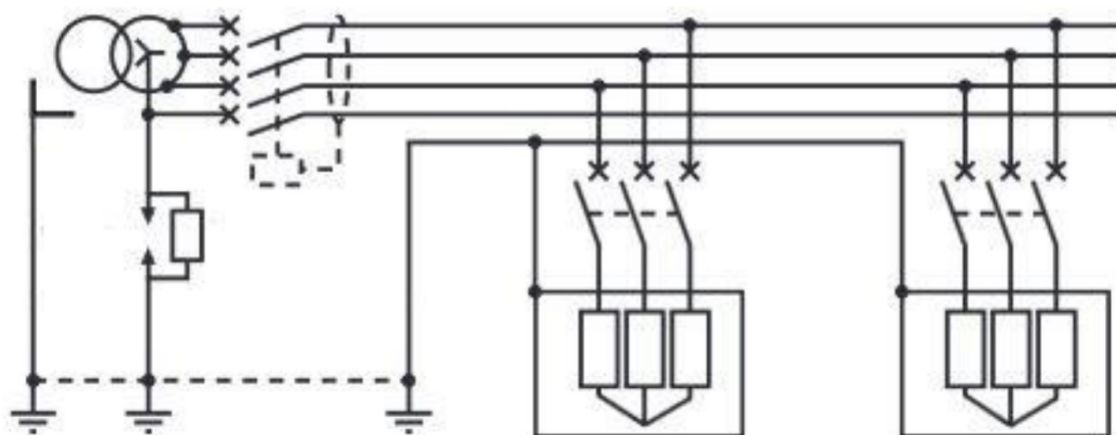
UPS-verkossa olevat kulutuslaitteet ryhmitellään siten, että yhden ryhmän vikatilanne voidaan kytkeä nopeasti pois ilman, että se ei aiheuta merkittävää häiriötä muille kulutuslaitteille. (ST 51.79 2020, 18.)

”Tämä on katsottu saavutetuksi, kun UPS-verkon ylivirtasuojan nopean toiminnan aiheuttava virta on enintään n. 80 % UPS-tehönlähteen oikosulkuvirrasta.” (ST 51.79 2020, 19.)

Suunniteltaessa UPS-verkon ylivirta- ja vikasuojausta olisi hyvä ottaa huomioon, että vikatilanteen sattuessa virtaa syöttää pelkästään UPS-laitteisto. Vikatilanteessa se ei pysty syöttämään normaalitilannetta vastaavaa vikavirtaa. Verrattuna yleiseen jakeluverkkoon sen oikosulkuvirran syöttökyky on huomattavasti pienempi. Tästä syystä yleensä UPS-laite reilusti ylimitoitetaan nimelliskuormaan verrattuna. (ST 51.79 2020, 20.)

#### 4.4 IT-järjestelmä

IT-järjestelmän tulee olla maasta erillään oleva verkko tai vaihtoehtoisesti se tulee kytkeä korkean impedanssin kautta maahan. Sairaalassa IT-järjestelmä yhdistetään lääkintämuuntajan avulla TN-S-järjestelmään (Kuva 6). Tähtipiste tai mikään muu virtapiirin osa ei ole maadoitettu, mutta sille voidaan tehdä keinotekoinen maadoituspiste impedanssin avulla. (ST 53.21 2010, 5.)



Kuva 6. IT-järjestelmän toteutus (Schneider Electric 2018, 135).

Tärkein hyöty IT-järjestelmässä on se, että verkossa tapahtuva ensimmäinen häiriö ei aiheuta sähkönsyötön katkeamista. Verkossa muodostuva vikavirta ensimmäisen häiriön kohdalla on erittäin pieni, mikä johtuu siitä, ettei verkon tähtipiste ole kytketty maahan. Tällöin vian tai häiriön sattuessa ensimmäistä kertaa verkossa ei siltä vaadita automaattista syötön katkeamista, mutta järjestelmän täytyy ilmaista vika, esimerkiksi merkkivalolla. Syötön automaattinen poiskytkentä tapahtuu vasta toisen häiriön tai vian sattuessa ja tällöin verkossa tapahtuvaa vikaa voidaan verrata TN-järjestelmän vikaan. (ST 53.21 2018, 5.)

IT-järjestelmä tulee varustaa hälytyslaitteella, mikä ilmaisee äänellä ja merkkivalolla mahdollisen vian verkossa. Komponenttien sijoittelussa on hyvä ottaa huomioon, että niitä voidaan valvoa pysyvästi. Hälytys indikoidaan seuraavasti:

- Vihreän merkkivalon palaessa laite toimii normaalisti.
- Keltaisen merkkivalon palaessa eristysresistanssin ennakkoon määritelty minimiarvo on saavutettu, mikä laukaisee myös äänihälytyksen.
- Vian poistuessa ja verkon siirtyessä normaalitilaan tulee keltaisen merkkivalon sammua. (ST-kortti 51.79 s.10.)

Merkkivaloista, hälytyksen merkityksestä ja menettelytavoista pitää olla laadittu yksinkertainen ohje lääkintätiloissa. Lääkintämuuntaja voi altistua ylikuormitukselle ja tästä syystä sen lämpötilaa täytyy valvoa eristystilalle tarkoitetulla valvontalaitteella. (ST-kortti 51.79 2020, 10.)

#### 4.4.1 Lääkintämuuntaja

Sairaalassa löytyy IT-järjestelmä ryhmän 2 lääkintätiloista, missä se syöttää elintoimintoja ylläpitäviä lääkintälaitteita ja lääkintälaittejärjestelmiä. Sen tärkein tehtävä on turvata syötön jatkuvuus ja sitä ei saa varustaa laukaisevalla ylikuormitussuojalla. Lääkintämuuntajan syötölle tulee kuitenkin laukaiseva oikosulkusuojaus, esimerkiksi sulake. Sulakkeen mitoituksessa muuntajan syötölle on tärkeä varautua muuntajasta aiheutuvan kytkentä virtasysäyksen huomioimiseen sekä sen aiheuttaman estopiirin vioittumiseen. Ryhmäjohdot suojataan oikosulku- ja ylivirtasuojilla. Lääkintämuuntajan toisiopiirin syöttävät kaapelit varustetaan kaksinapaisilla johdonsuojakatkaisijoilla, sillä lääkintä-IT-järjestelmä omaa ainoastaan kaksi äärijohdinta. (ST 51.79 2020, 7.)

Lääkintämuuntajat asennetaan lääkintätilojen läheisyyteen, ja olisi hyvä noudattaa standardin suosittelemaa maksimissaan 25 metrin etäisyyttä muuntajasta lähtevien liittimien ja kulutuskojeiden välillä. Lääkintätiloilla tai niistä koostuvista ryhmillä tulee olla käytössä ainakin yksi muuntaja, joka on yksivaiheinen. Se muodostaa lääkintä-IT-järjestelmän käsin kosketeltaville ja kiinteän asennuksen omaaville laitteille. Lääkintätilojen tarvittaessa

kolmivaihekuorman syöttämistä IT-järjestelmän avulla varaudutaan siihen erillisellä kolmivaihemuuntajalla. Kondensaattorin käyttämistä lääkintämuuntajissa ei sallita. (ST 51.79 2020, 10.)

Vuotovirta ulostulokäämistä maahan ja kotelovuotovirta eivät saa ylittää 0,5 mA mitattuna mitoitusjännitteellä ja mitoitustaajuudella tyhjäkäynnillä toimivasta muuntajasta (SFS 600-1-2 2017, 101.)

#### 4.5 Pienoisjännitejärjestelmät

Pienoisjännitejärjestelmä on käytössä sähkölaitteiden ja -laitteistojen sähköistyksessä. Tämän lisäksi se on käytössä tietoteknisten järjestelmien, kiinteistöjen- ja teollisuuden automaation sovelluksissa. SELV- ja PELV-järjestelmät ovat hyvä vaihtoehto melkein missä tahansa tapauksessa perus- ja vikasuojausmenetelmäksi. FELV-järjestelmää on hyvä käyttää pienoisjännitettä tarvittaessa, jos SELV- tai PELV-järjestelmien vaatimukset eivät ole tarpeellisia tai ne eivät toteudu. FELV-järjestelmää ei käytetä perus- tai vikasuojausmenetelmänä. (ST 53.28 2019, 1.)

Jännitelähteenä SELV- ja PELV-järjestelmässä käytetään esimerkiksi standardin EN 61558-2-6 mukaista suojajännitemuuntajaa. Kummatkin järjestelmät käyttävät enintään 50 V AC tai 120 V DC. SELV-järjestelmä erotetaan maan potentiaalista peruseristyksen avulla, kun taas PELV-järjestelmä tarpeen mukaan voidaan maadoittaa. (ST 53.28, 2019, 2.)

SELV- tai PELV- järjestelmän ollessa käytössä ryhmän 1 tai 2 lääkintätiloissa voi käytettävän kulutuskojeen nimellisjännite olla enintään 25 V vaihtojännitettä ja 60 V tasajännitettä. Perussuojaus toteutetaan siten, että käytetään kotelointia ja suojuksia, tai eristetään jännitteiset osat. PELV-järjestelmää käytettäessä ryhmän 2 lääkintätilassa täytyy jännitteelle alttiit osat liittää potentiaalintasaukseen. (SFS 600-1-2, 2017, 100.)

##### 4.5.1 Suojausluokat

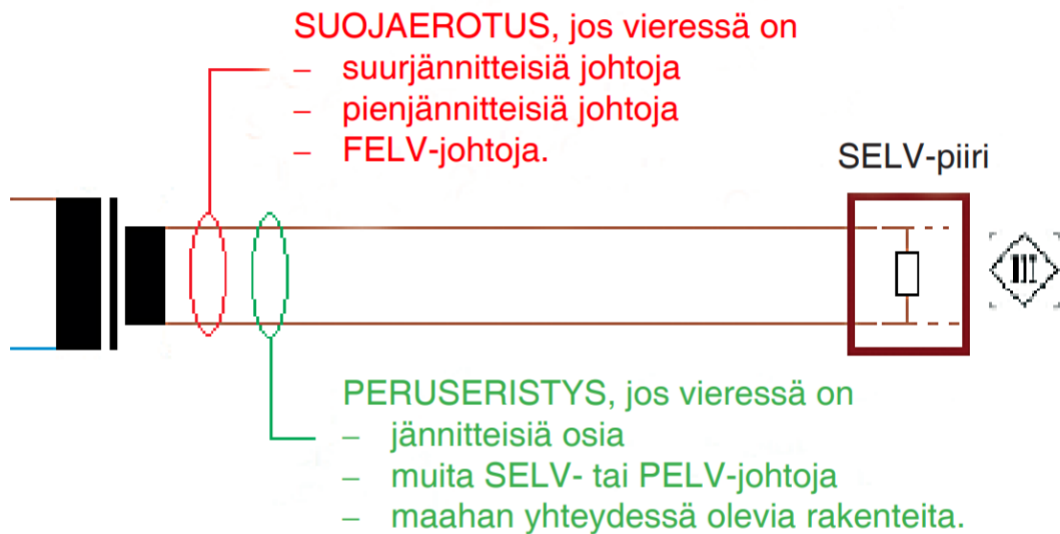
Sähkölaitteet on jaoteltu erilaisiin suojausluokkiin sähköiskulta suojaamisen kannalta:

- Suojausluokassa 0, sähkölaite on ainoastaan peruseristetty (ST-ohjeisto 6 2017, 20).
- Suojausluokassa 0I, sähkölaitteessa on peruseristys, jonka lisäksi siitä voi löytyä kaksoiseristetyn laitteen rakenteita. Laitteessa on myös maadoitusliitin, mitä ei ole kytketty (ST-ohjeisto 6 2017, 20).
- Suojausluokassa I, sähkölaitteessa on peruseristys ja suojamaadoitus. Sitä ei saa kytkeä 0-luokan pistorasiaan (ST-ohjeisto 6 2017, 21).
- Suojausluokassa II, tulee sähkölaitteelle kaksoiseristys tai vahvistettu eristys peruseristyksen lisäksi (ST ohjeisto 6 2017, 23).
- Suojausluokassa III, sähkölaitteet toimivat pienoisjännitteellä, missä jännite johtimien tai johtimen ja maan välillä voi olla enintään 50 VAC tai 120 VDC. Käyttöjännite näille laitteille tulee yleensä suojajännitemuuntajalta (ST-ohjeisto 2017, 24).

#### 4.5.2 SELV (Safety Extra Low-Voltage)

Järjestelmän tulee toimia enintään 50 V vaihtojännitteellä tai 120 V tasajännitteellä (ST 53.28 2019, 2).

SELV-järjestelmä on ainoastaan kytkettynä SELV- tai PELV- järjestelmään ja se on erotettu suojaerotuksella muista piireistä, eikä sen johtimia tai jännitteelle alttiita osia tule kytkeä maahan tai muihin piireihin (Kuva 7). Asennusta suorittaessa tulee tarkastaa, että SELV-järjestelmä ei ole yhteydessä mihinkään muuhun jännitejärjestelmään, koska tällöin suojaus sähköiskuilta riippuisi myös muiden järjestelmien suojausmenetelmistä. (ST 53.28 2019, 2.)



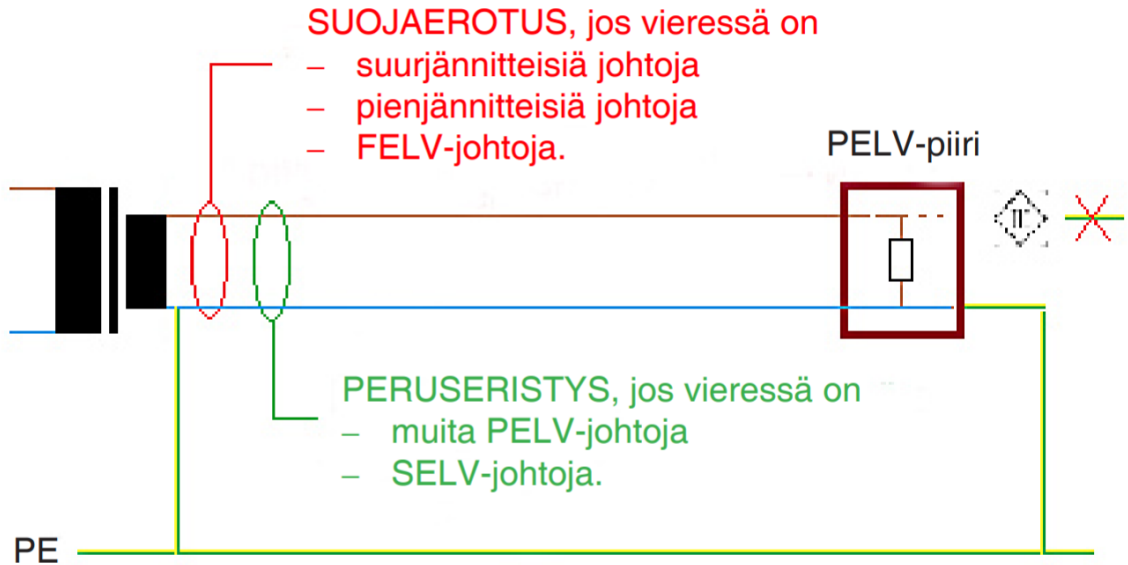
Kuva 7. SELV-järjestelmän periaatekuva. Laitteena voidaan käyttää suojausluokkaan III kuuluvaa laitetta (ST 53.28 2019, 4).

Tyypillisesti SELV-piiriä käytetään suojausluokan II virtalähdettä, mikä syöttää suojausluokan III laitetta. SELV-järjestelmään ei ole tarkoitus liittää pelkästään suojausluokan III laitteita, vaan siihen saa liittää muitakin suojausluokan omaavia laitteita (ST 53.28 2019, 3).

#### 4.5.3 PELV (Protective Extra Low-Voltage)

Järjestelmän tulee toimia enintään 50 V vaihtojännitteellä tai 120 tasajännitteellä (ST 53.28 2019, 4).

Virtapiirin voi tarvittaessa maadoittaa PELV-järjestelmässä, joko yhdistämällä jännitelähde maahan tai maadoitettuun suojajohtimeen. Syötettävät laitteet voidaan maadoittaa ja joissain tapauksissa se on vaatimuksenakin, kuten sairaalassa käytettävät leikkaussalivalaisimet, jotka tulee liittää potentiaalintasaukseen (Kuva 8). Suojausluokan III laitteita ei kuitenkaan saa maadoittaa PELV-järjestelmässä. (ST 53.28 2019, 5.)

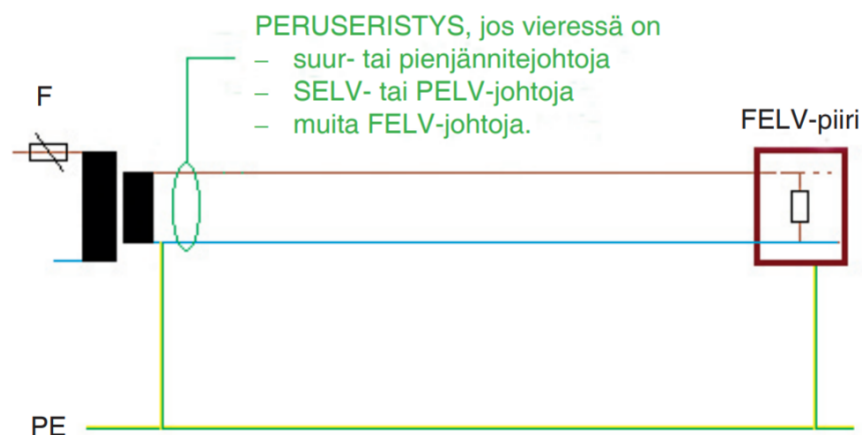


Kuva 8. PELV-järjestelmän periaatekuva. Jos käytetään suojausluokan III laitetta, sitä ei saa maadoittaa (ST 53.28 2019, 6).

#### 4.5.4 FELV (Functional Extra Low Voltage)

FELV-järjestelmää käytetään esimerkiksi sähkökeskukseen asennettuun 230 V/24 V ohjauksjännitemuuntajaan. Sitä ei voida käyttää perus- tai vikasuojauksen toteuttamiseen. (ST 53.28 2019, 7.)

Ensiöpiirin syöttävään suojamaadoitusjohtimeen kytketään FELV-piirin jännitteiset osat, jotta saavutetaan vikasuojaus piirille (Kuva 9) (ST 53.28 2019, 8).



Kuva 9. FELV-järjestelmän periaatekuva. Ensiöpiiriin asennetaan suojalaite, millä varmistetaan syötön automaattinen poiskytkentä (ST 53.28 2019, 7).

## 5 POTENTIALINTASAUUS

Potentiaalintasauksen avulla liitetään yhteen johtavat osat, jotta saavutetaan tasapotentiaali. Jännitteelle alttiit osat sekä muut johtavat osat liitetään potentiaalintasausjärjestelmään suojajohtimilla. Jännitteelle alttiita osia ovat esimerkiksi sähkölaitteiden rungot, mitkä muuttuvat jännitteiseksi peruseristyksen peittäessä. (ST 53.21 2018, 7.)

Rakennuksissa tulee kytkeä suojaavaan potentiaalintasaukseen suojamaadoitusjärjestelmä, maadoitusjohdin, päämaadoituskisko, rakennuksen metalliputket esimerkiksi vesi- ja kaasuputket, sekä rakennuksen rakenteen johtavat osat, jos niitä pystytään koskettelemaan esimerkiksi keskuslämmitys- ja IV-järjestelmät. Jos yllä mainittujen johtava osa tulee rakennuksen ulkopuolelle, ne täytyy liittää mahdollisimman läheltä sisääntulokohdasta potentiaalintasaukseen. Liitteessä 3(1) on esitetty potentiaalitasauksen periaatteellinen kytkentä ja tunnuksat, sekä liitteessä 3(2) on selitykset tunnuksille. (ST 53.25 2018, 3.)

### 5.1 Lisäpotentiaalintasaus

Lisäpotentiaalintasaukseen tarvitaan silloin, jos ei saavuteta syötön automaattista poiskytkentää asennuksessa tai sen osassa. Siihen yhdistetään jokainen samanaikaisesti kosketeltavat kiinteiden sähkölaitteiden jännitteelle altistuvat osat, sekä muut johtavat osat. Hyvä olisi myös pyrkiä yhdistämään betonirakenteiden pääteräkset. Lisäpotentiaalintasausjärjestelmä tulee liittää osaksi suojajohtinjärjestelmää. (ST 53.25 2018, 3.)

”Epäiltäessä suojaavan lisäpotentiaalintasauksen tehoa, tulee varmistaa samanaikaisesti kosketeltavien jännitteelle alttiiden osien, sekä muiden johtavien osien välinen resistanssi täyttää seuraavanlaisen ehdon:

$$R \leq 50 V / I_a \quad (1)$$

missä

$I_a$  on suojalaitteen toimintavirta [A]

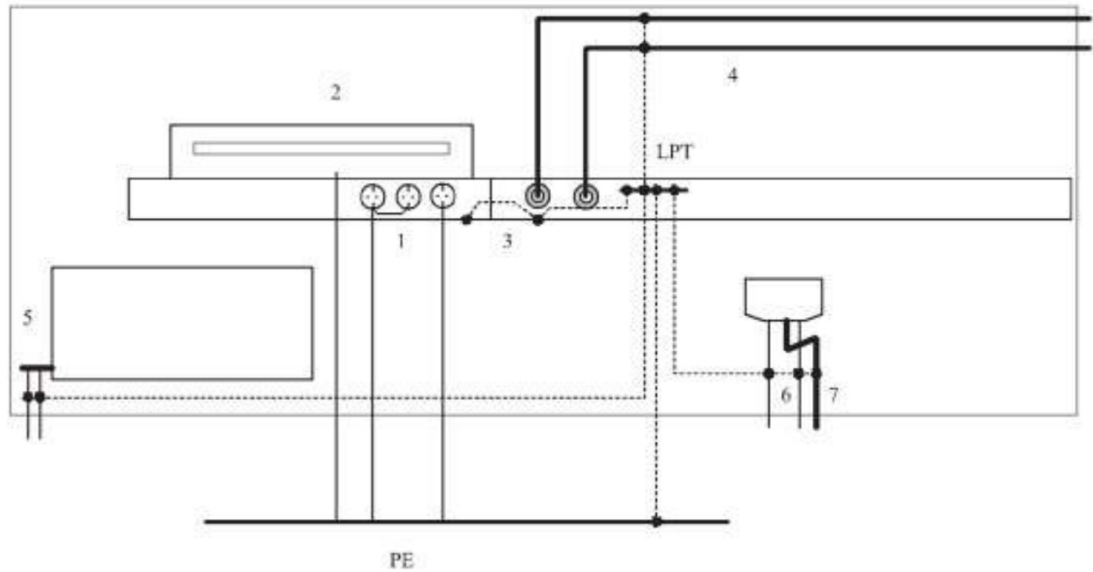
vikavirtasuojilla

$I_a$  on  $I_{\Delta n}$  [A]

- ylivirtasuojilla 5 sekunnin toiminta-aika.” (ST 53.25 2018, 3.)

Lisäpotentiaalintasauksen tarkoituksena on saada pienennettyä yhtäaikaaisesti kosketeltavien johtavien osien välisiä potentiaalieroja. Kaikissa ryhmän 1 ja 2 lääkintätilassa tulee olla lisäpotentiaalintasaus (Kuva 10). Potentiaalintasausjohtimet tulee liittää potentiaalintasauskiskoon, jotta saataisiin potentiaalierot tasattua seuraavien osien välillä:

- suojamaadoitusjohtimet
- muut johtavat osat esim. ripustuskiskot, säleikkö
- häiriökenttien suojukset
- johtavien lattioiden metalliverkko
- erotusmuuntajan mahdollinen metallinen sähköinen suoja. (ST 51.79 2020, 11.)



#### Merkkien selitys

1 Pistorasiat

2 Potilasvalaisin

3 Johtokanavan runko-osat liitetty toisiinsa ja lisäpotentiaalintasaukseen

4 Sairaalakaasu- ja paineilmaputkistot

5 Lämpöpatteri ja lämpöjohdot

6 Vesijohdot

7 Johtava viemäriputkisto

PE Jakokeskuksen suojakisko

LPT lisäpotentiaalintasauskisko johtokanavassa

————— Suojamaadoitusjohdin

- - - - - Lisäpotentiaalintasausjohdin

Kuva 10. G1-lääkintätilan esimerkki lisäpotentiaalintasauksesta (SFS 6000-7-710 2017, 123).

Muuna johtavina osina pidetään johtavaa ainetta olevaa osaa, joka saattaa olla yhteydessä maahan tai muuhun potentiaaliin, esimerkiksi WC:n metallinen seinätuki, joka on porattu betoni- tai tiiliseinään ruuvilla kiinni. (ST 51.79 2020, 11.)

## 6 LÄÄKINTÄILOJEN ERITYISVAATIMUKSET

### 6.1 EMC-suojaus

EMC-suojauksella eli sähkömagneettisella yhteensopivuudella varmistetaan, etteivät sähkölaitteet häiriinny toisista laitteista. Sähkölaitteille on määritetty omat vaatimukset häiriöpäästöjen osalta EMC-direktiivissä. (TUKES 2021)

Sairaalan tiloissa käytetään paljon elektronisia mittalaitteita potilaiden hoitoon ja tästä syystä lääkintätiloissa tulee kiinnittää erityistä huomiota sähkömagneettisten häiriöiden ehkäisemiseen. Tämän takia G2-tilojen läheisyyteen ei tule sijoittaa IV-konehuoneita, muuntamoja tai vastaavia teknisiä tiloja. Lääkintämuuntaja sijoitetaan vähintään 6 metrin päähän lääkintätilasta. (ST 51.79 2020, 13.)

”Häiriöiden esiintyminen ei ole todennäköistä, jos potilaan sijoituspaikassa esiintyvä magneettivuon tiheys  $B_{tt}$  ei ylitä seuraavia arvoja:

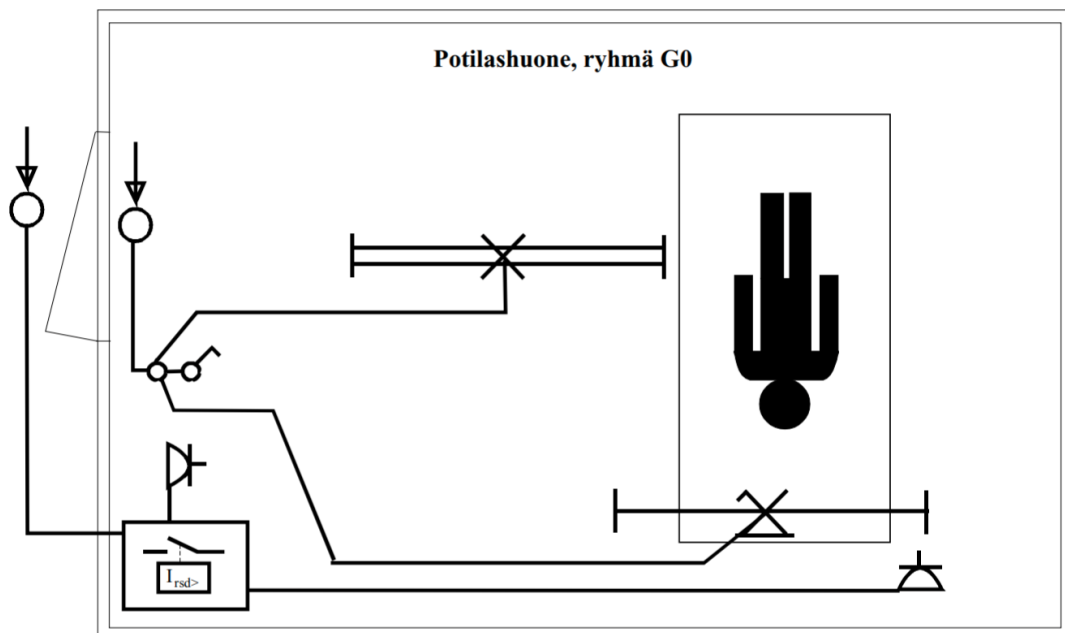
- elektromyografialle (EMG)  $B_{tt} = 1 \times 10^{-7}$  Tesla
- elektroenkefalografialle (EEG)  $B_{tt} = 2 \times 10^{-7}$  Tesla
- elektrokardiografialle (EKG)  $B_{tt} = 4 \times 10^{-7}$  Tesla” (SFS 600-1-2 2017, 114.)

EMC-vaatimuksien toteutumiseen auttaa TN-S järjestelmän käyttäminen. Tämän lisäksi suojaudutaan mahdollisilta häiriöiltä seuraavasti:

- Kytetään kaapeleiden metalliset vaipat potentiaalintasauskiskoon.
- Asennetaan häiriösuojia, ylijännitesuojia ja erilaisia suodattimia.
- Käytetään asennuksissa kaapeleita, jotka ovat varustettu konsentrisella johtimella.
- Vältetään induktiosilmukoiden muodostuminen laittamalla voima- ja televerkon kaapelit kulkemaan samoja reittejä. (ST 51.79 2020, 14.)

## 6.2 Ryhmän 0 lääkintätilat

Sairaalan yleiset tilat ovat ryhmän 0 lääkintätiloja. Tällaisia tiloja ovat mm. käytävät, hissiaulat ja lääkärikansliat. Sairaalan kaikille avoimet tilat suunnitellaan normaaliverkkoon ja varavoimaverkkoon. Pistorasioiden ja valaistusryhmien täytyy olla vikavirtasuojattuja ja niiden täytyy laukaisuvirran suhteen täyttää 30 mA vaatimus, joka on määritetty standardissa (Kuva 11). Ryhmät varustetaan sulakkeilla ja muilla komponenteilla, kuten lämpösuojuilla ja aikakytkimellä, aivan kuten normaaleissa kiinteistöissä sähkösuunnittelu toteutetaan. (ST 51.79 2020, 8.)



Kuva 11. Esimerkki G0-lääkintätilan sähkösuunnittelusta (ST 51.79 2020, 22).

## 6.3 Ryhmän 1 lääkintätilat

Syötön automaattisessa poiskytkennässä vian ilmetessä tulee huomioida, että käytössä on tyyppin A tai B vikavirtasuojaja. Sen valinnassa tulee huomioida vikavirtojen tyypit. Valaistusryhmät täytyy varustaa myös vikavirtasuojilla. Huolehditaan myös TN-järjestelmässä, että jatkuva suurin kosketusjännite  $U_L$  ei ylitä 25 V AC ja 60 V DC. Näiden arvojen saavuttamiseen voidaan vaikuttaa lisäpotentiaalintasauksella, sekä käyttämällä yleisessä standardissa määrättyjä poiskytkentäaikoja. (SFS 600-1-2 2017, 98.)

Käytettäessä ryhmän 1 lääkintätiloissa TN-järjestelmää täytyy käytössä olla maksimissaan 30 mA vikavirtasuojaa korkeintaan 32 ampeerin ryhmäjohtojen suojauksessa. TN-S järjestelmää valvotaan vikavirtavalvontajärjestelmällä, sillä varmistetaan jännitteellisten johtimien eristystaso. On tärkeä myös noudattaa TN-järjestelmän vaatimuksia ja käytettävä aina vikavirtasuojaa poiskytkentälaitteena. (SFS 600-1-2 2017, 98.)

”Ensimmäisen vian jälkeen toisessa virtapiirissä esiintyvän toisen vain aiheuttaman automaattisen poiskytkennän vaatimukset:

- Mikäli jännitteelle alttiit osat on kytketty suojajohtimella samaan yhteiseen maadoitusjärjestelmään, syötön automaattisen poiskytkennän vaatimukset ovat:

Vaihtoehtojärjestelmässä ei ole käytössä nollajohtinta tai keskipistejohtinta

$$I_a Z_s \leq U \quad (2)$$

Käytettäessä nolla- tai keskipistejohtinta

$$2I_a Z'_s \leq U_0 \quad (3)$$

missä

$U_0$  on äärijohtimen ja nollajohtimen tai vastaavasti keskipistejohtimen välinen nimellisjännite [V]

$U$  on äärijohtimen välinen vaihto- tai tasajännite [V]

$Z_a$  on piirin äärijohtimien ja suojamaadoitusjohtimien sisältämän vikapiirin impedanssi [ $\Omega$ ]

$Z'_s$  on piirin nollajohtimen ja suojamaadoitusjohtimen sisältämän vikapiirin impedanssi [ $\Omega$ ]

$I_a$  on virta, joka aikaansaa suojalaitteen toimimisen TN-järjestelmille standardissa 411.3.2.2 tai kohdassa 411.3.2.3 vaaditussa ajassa [A]” (SFS 600-1-1 2017, 80.)

”Nämä vaatimukset varmistetaan seuraavalla tavoilla:

- mitataan tai lasketaan vikavirtapiirin impedanssi. Järjestelmän suojalaitteen ominaisuuksien ja piirin impedanssin tulee täyttää seuraava ehto:

$$Z_s \cdot I_a \leq U_0 \quad (4)$$

- tarkastetaan käytetyn suojalaitteen ominaisuudet.” (SFS 600-1-1 2017, 80.)

SELV- tai PELV-piirien käytössä tulee kulutuskojeissa käytettävän nimellisjännitteen olla enintään tehollisarvoltaan 25 V AC tai 60 V DC. Sen perussuojaus tulee toteuttaa eristämällä jännitteelliset osat, tai estämällä jännitteisten osien koskettaminen esimerkiksi koteloinnilla tai käyttämällä suojuksia niin kuin standardissa SFS 6000-4-41 on määrätty. (SFS 600-1-1 2017, 100.)

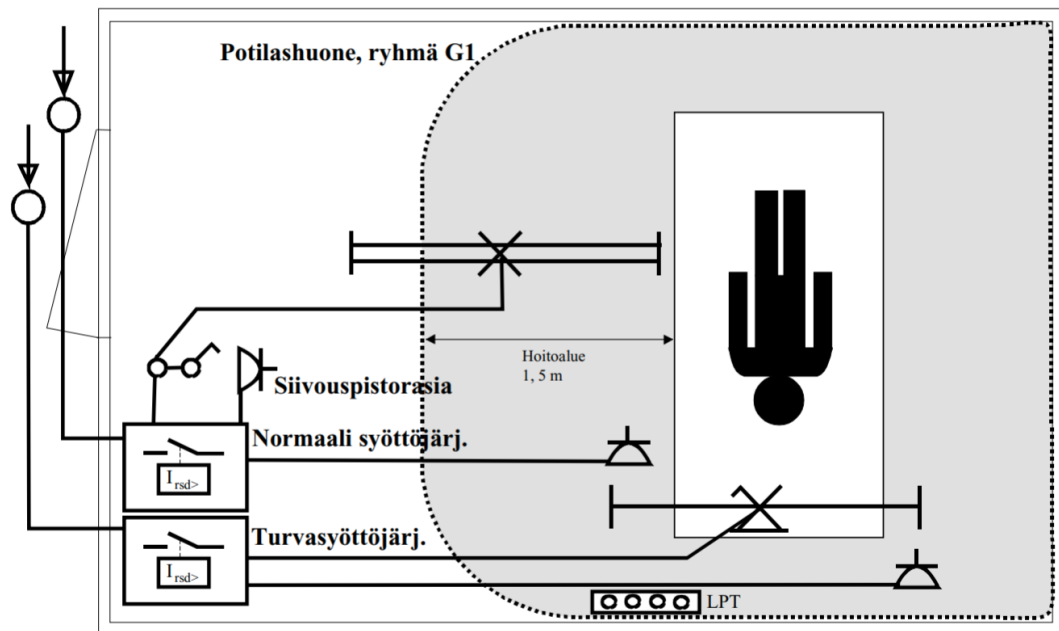
Ryhmän 1 lääkintätiloissa tulee olla kaikissa tiloissa lisäpotentiaalintasaus. Potentiaalierojen tasaamisen saavuttamiseen tulee lisäpotentiaalintasausjohtimet liittää potentiaalintasauskiskoon seuraavilla hoitoalueilla tai mahdollisesti sinne siirrettävien osien välillä:

- muut johtavat osat esimerkiksi ilmanvaihto tai vesiputkien osalta, jos ne ulottuvat hoitoalueelle
- johtokanavat ja lankahyllyt
- häiriökenttien suojat, jos on asennettu
- johtavan lattian metalliverkko, jos on asennettu
- suojaerotusmuuntajan metallinen sähköinen suojuus, jos on asennettu (SFS 600-1-2 2017, 100.)

Suosittelaa varaamaan riittävästi lisäpotentiaalitasauksen liitäntäpaikkoja lääkintälaitteiden liittämiseen. Myös kiinteät johtavat, ei sähköiset potilaan tukirakenteen, kuten leikkauspöydät ja fysioterapiatuolit liitetään

lisäpotentiaalintasaukseen, jos ne ei ole tarkoitettu olemaan erillään maasta. (SFS 600-1-2 2017, 100.)

Valaistuksen syöttöjen täytyy tulla vähintään kahdesta erillisestä syötöstä, missä toisen täytyy olla liitettyä varavoimajärjestelmään (Kuva 12). Poistumisalueella liitetään osa valaistuksesta turvajärjestelmän syöttöön. Akkukäyttöinen valaisin riittää esimerkiksi hammashuoltilassa, sen avulla toimenpide voidaan lopettaa turvallisesti, jos sähkönjakelussa ilmenee häiriö. Poistumis- ja varavalaistusta tulee syöttää varavoimajärjestelmästä jokaisessa huoneessa vähintään yhtä valaisinta kohden. (SFS 6000-1-2 2017, 107.)



Kuva 12. Esimerkki G1 lääkintätilan sähkösuunnittelusta (ST 51.79 2020, 22).

Varavoimajärjestelmien teholähteenä ei hyväksytä paristojen käyttöä, eikä yleisen jakeluverkon toista tulevaa syöttöä hyväksytä varavoimajärjestelmän syötöksi. Teholähteiden toimintavalmiutta tulee valvoa jatkuvasti ja ilmaista sen toiminta sopivassa paikassa. (SFS 600-1-2 2017, 107.)

#### 6.4 Ryhmän 2 lääkintätilat

Syötön automaattisessa poiskytkennässä vian sattuessa käytetään A- tai B-tyyppin vikavirtasuojaa. Ryhmän 2 lääkintätilassa tulee aina käyttää IT-

järjestelmää normaalin syöttöjärjestelmän lisäksi. IT-järjestelmän suurin kosketusjännite  $U_L$  ei saa ylittää 25 V AC tai 60 V DC. (SFS 600-1-2 2017, 98.)

Syöttöjen suojaukseen käytetään mitoitustoimintavirrallaan maksimissaan 30 mA vikavirtasuojalla varustettua syötön automaattista poiskytkentää seuraavissa ryhmissä:

- kiinteän leikkauspöydän liikuttamiseen tarvittavat piirien syötöissä
- röntgenlaitteen syötöissä
- mitoitusteholtaan yli 5 kVA laitteiden syötöissä
- ei-kriittisten sähkölaitteiden syötöissä, mitkä eivät ole elintoimintoja ylläpitäviä (ST 51.79 2020, 8.)

Suosittelaa kaikkien jännitteellisten johtimien eristystason varmistamiseksi, että TN-S-järjestelmää valvotaan vikavirtavalvontajärjestelmällä. TN-järjestelmään liittyviä vaatimuksia täytyy noudattaa ja tulee aina käyttää vikavirtasuojia poiskytkentälaitteina. Valokaarivikasuojien käyttö on kielletty G2 lääkintätilojen ryhmäjohtoissa. (SFS 600-1-2 2017, 98, 101.)

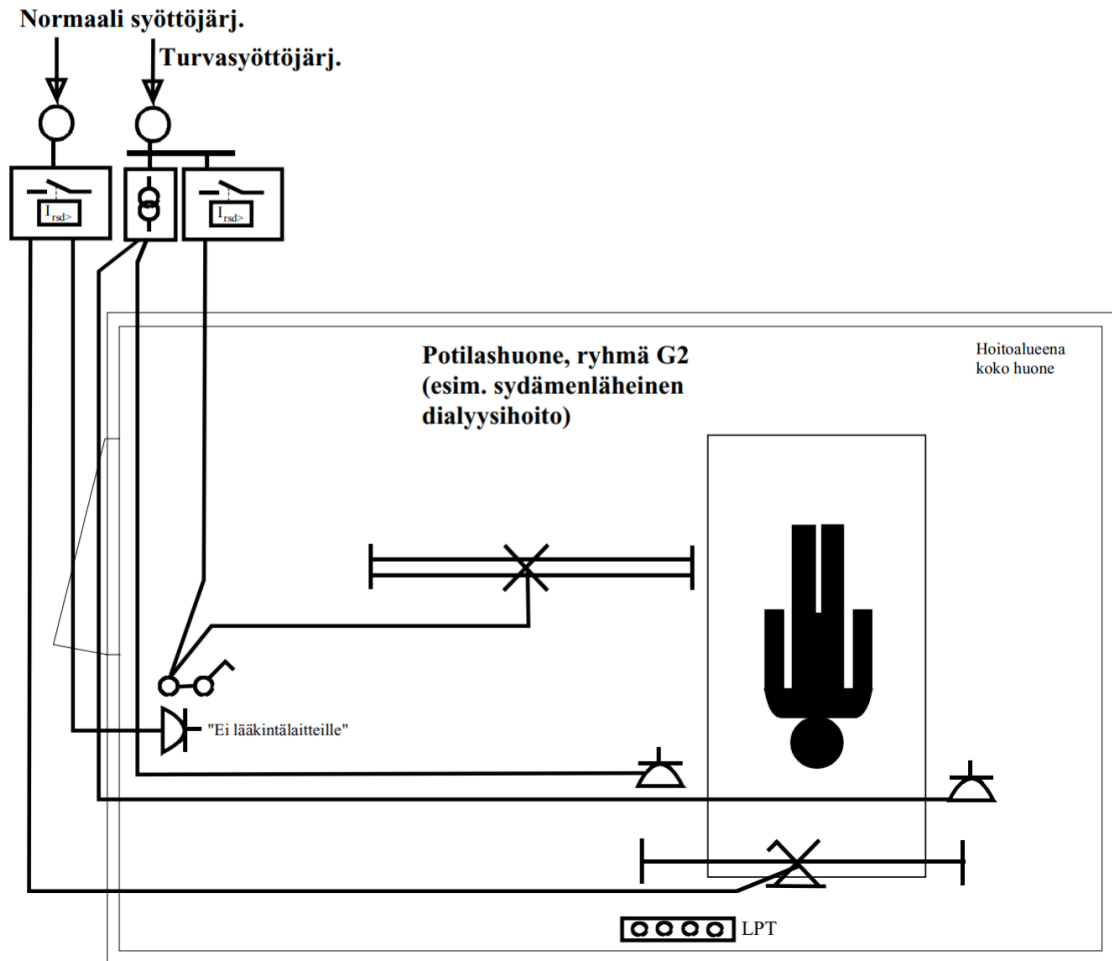
SELV- tai PELV-piirien käytössä tulee kulutuskojeissa käytettävän nimellisjännitteen olla enintään tehollisarvoltaan 250 V AC tai 60 V DC. Sen perussuojaus tulee toteuttaa eristämällä jännitteelliset osat, tai estämällä jännitteisten osien koskettaminen esimerkiksi koteloinnilla tai käyttämällä suojuksia niin kuin standardissa SFS 6000-4-41 on määrätty. PELV-järjestelmää käytettäessä, tulee sen jännitteelle alttiit johtavat osat liittää potentiaalintasaukseen. (SFS 600-1-2 2017, 100.)

Potentiaalintasauksessa, tehdään lisäpotentiaalintasaus aivan kuten ryhmän 1 lääkintätiloissa. Liitetään potentiaalintasaukseen ilmapaihto ja sairaalakaasujen putket, sekä johtokanavat. Lisäyksenä kuitenkin, että suojajohtimien ja liitosten yhteenlaskettu resistanssi lisäpotentiaalintasauskiskon ja pistorasioiden tai kiinteästi asennetun laitteiden suojaliitimien tai muiden johtavien osien välillä ei saa ylittää 0,2  $\Omega$  arvoa. (SFS 600-1-2 2017, 100.)

Lääkintätilojen läheisyyteen asennetaan jakokeskukset ja niiden tulee olla helppo tunnistaa. Näitä jakokeskuksia käytetään syöttämään pelkästään kaikki kyseisessä lääkintätilassa olevat toiminnot. Yleiseen sähkönjakeluun ja varavoimajärjestelmiin täytyy olla omat keskukset. (SFS 600-1-2 2017, 101.)

Lääkintä IT-järjestelmässä tulee olla jokainen pistorasia suojattuna ylikuormitukselta, tai pistorasioiden syöttö tulee vähintään kahdesta eri virtapiiristä. Samaan lääkintätilaan tullessa myös syöttö TN-S-järjestelmästä IT-järjestelmän lisäksi, tulee pistorasioiden rakenteiden olla sellaisia, että se estää niiden käytön muissa järjestelmissä tai niihin täytyy tehdä selkeä ja pysyvä merkintä. (SFS 600-1-2 2017, 105.)

Valaisimien syöttö tulee aina vähintään kahdesta erillisestä syötöstä, josta toinen on varavoimajärjestelmä (Kuva 13). Poistumisalueella on osa valaistuksesta liitetty turvajärjestelmän syöttöön. Poistumis- ja varavalaistuksessa noudatetaan sisäasiainministeriön asetusta poistumisreittien merkitsemisestä ja valaisemisesta, sekä SFS-EN 1838 standardia. Lisäksi vähintään 50 % valaistuksesta täytyy syöttää varavoimajärjestelmästä. (SFS 600-1-2 2017, 105, 107.)



Kuva 13. Esimerkki G2 lääkintätilan sähkösuunnittelusta (ST-kortti 51.79 s. 23).

## 6.5 Kaapelointi

Kaapelit valitaan niin, että ne täyttävät standardin SFS-EN 13501-6 standardissa määritetyn luokituksen Cca-s1, d1, a2 vaatimukset (ST 51.79 2020, 16).

Cca-s1, d1, a2 kaapelin ominaisuudet:

- s1= Kaapelin syttyessä saa siitä vapautua vain vähän savua.
- d1= Kaapelin palaessa se saa tiputtaa rajoitetun määrän palavaa muovia
- a2= Kaapelille on määritetty, kuinka paljon siitä saa vapautua happeja ja muita palokaasuja sen palaessa. (Nestor Cables 2017)

Kaapelin valinnassa, kaapelireitin suunnittelussa ja laitteiston valinnassa on huomioitava tulipaloriski. Tällöin tulee noudattaa pelastusviranomaisten ja SFS 6000-4-42 standardin asettamia vaatimuksia. (SFS 600-1-2 2017, 101.)

Sellaiset sähkölaitteiden kaapelit, jotka saattavat aiheuttaa sähkömagneettisia häiriöitä, tulee pitää kauempana potilaan tutkimuspaikalta. Näille on määrätty seuraavanlaiset minimietäisyydet, mikä riippuu kaapelin poikkipinnasta (Taulukko 3). (SFS 600-1-2 2017, 114.)

Taulukko 3. Kaapeleiden poikkipinta ja minimietäisyys (SFS 600-1-2 2017 114).

Kaapeleiden poikkipinta	Minimietäisyys (metriä)
10 mm <sup>2</sup> – 70 mm <sup>2</sup>	3 m
95 mm <sup>2</sup> – 185 mm <sup>2</sup>	6 m
>185 mm <sup>2</sup>	9 m

## 6.6 Valaistus

Valaisimien syöttö G1- ja G2-tiloissa tulee tulla minimissään kahdesta syötöstä, jossa toisen täytyy olla kytkettynä varavoimajärjestelmään. Turvajärjestelmään liitetään osa valaistuksista esimerkiksi käytävillä, auloissa ja muissa poistumisalueissa. Kahden erillisen syötön avulla varmistetaan luotettava ja katkeamaton valaistus vikatilanteessa, sen avulla vältetään paniikki ja luodaan turvallisuuden tunne esimerkiksi palotilanteessa. (ST 51.79 2020, 17.)

Suunniteltaessa valaistusta on hyvä olla käyttämättä sellaisia valaisimia, joista aiheutuu välkkymistä, sillä tiloissa saattaa olla henkilöitä, jotka sairastavat epilepsiaa tai migreeniä. Välkyntä on häiritsevää ja siitä voi aiheutua esimerkiksi päänsärkyä. G1- ja G2-tiloissa, missä työskentely on erittäin tarkkaa, tulee varmistaa, etteivät valaisimet aiheuta stroboskooppi-ilmiötä, sillä se voi johtaa vaaratilanteeseen, sillä pyörivää tai edestakaisin liikettä tekevät koneet näyttävät todellisuutta hitaimmilta tai kokonaan pysähtyneeltä. (ST 51.79 2020, 20.)

Poistumisvalaistusta syötetään joko keskitetystä tehonsyötön järjestelmästä (UPS) tai sillä voi olla oma teholähde, jolloin se toimii itsenäisesti. Rakennuksesta poistumiseen ja evakuointiin vaadittuun aikaan vaikuttavat mm. rakennuksen ja

tilojen käyttöajat, rakenteelliset ominaisuudet ja tiloissa oleskelevien henkilöiden valmiudet. Toiminta-ajalle on määrätty kuitenkin vähimmäisvaatimus, mikä on yksi tunti. (ST 51.79 2020, 17, 21.)

## 6.7 Pistorasiat

Pistorasioiden kokonaislukumäärään, joiden ryhmäjohtot ovat maksimissaan 30 mA vikavirtasuojalla varustettuja on hyvä kiinnittää huomiota. Yhteen ryhmäjohtoon kannattaa liittää maksimissaan 12 kpl 1-osaisia, 6 kpl 2-osaisia tai 4 kpl 3-osaisia pistorasioita. Lukumäärää voi soveltaa myös 3-vaiheryhmillä. (ST 51.79 2020, 16.)

Varavoimajärjestelmistä syötettävien pistorasioiden tulee olla helposti tunnistettavissa. Suositellaan kuitenkin, että kaikki pistorasiat merkattaisiin esimerkiksi tarralla, jossa on keskustunnus, ryhmänumero ja rasianumero. Jokaisen järjestelmän pistorasiat suositellaan merkkamaan selkeästi värijärjestelmällä (Taulukko 4), jolloin voidaan käyttää erivärisiä pistorasioiden peitelevyjä, tunnuskilpien tai merkintäteippien värejä. (ST 51.79 2020, 16.)

Taulukko 4. Suositeltavat tunnusvärit (ST 51.79 2020, 16)

Normaali verkko	Valkoinen tai muu määritelty normaaliväri
Varavoimajärjestelmän syöttö yli 15 s	Vaaleansininen, esim. RAL 5024
Varavoimajärjestelmän syöttö alle 15 s	Sininen, esim. RAL 5007
varavoimajärjestelmän syöttö alle 0,5 s	Punainen, esim. RAL 2000
UPS-järjestelmä, myös UPS-IT-järjestelmä	Oranssi, esim. RAL 2000
DRUPS-järjestelmä	Violetti, esim. RAL 4008
Lääkintä-IT-järjestelmä	Vihreä, esim. RAL 6025

G2 tilassa jokaiselle potilaan hoitopaikalle täytyy olla pistorasiakokoonpano, jossa jokainen pistorasia on suojattu erikseen ylikuormitukselta tai pistorasioiden syöttö tulee ainakin kahdesta eri virtapiiristä. Jos lääkintätilaan tulee syöttö myös TN-S-järjestelmästä, tulee IT-järjestelmän pistorasioiden rakenteen oltava erilaisia, sekä selvästi merkattuja. (ST 51.79 2020, 17.)

## 7 POHDINTA

Tässä opinnäytetyössä on esitetty sairaalan sähkösuunnittelun erityispiirteitä, jotka on hyvä ottaa huomioon suunnittelussa. Jälkeenpäin voin sanoa, että sairaalan sähkösuunnittelu eroaa hyvin paljon normaalin kiinteistön suunnittelusta, sillä sairaalassa suoritetaan vaativia toimenpiteitä, missä täytyy olla luotettava sähköjakelu. Tavoitteena oli luoda dokumentti sairaalassa käytettävistä sähköjärjestelmistä ja lääkintätilojen G1 ja G2 erityisvaatimuksista selkokielellä, että muutkin ihmiset voivat hyödyntää tätä esimerkiksi suunnittelutehtävissä.

Tutkiessani sairaalaan liittyviä erityispiirteitä oli mielenkiintoista huomata, että sairaala sähköistetään normaalin sähköverkon avulla, varavoimaverkon ja UPS-verkon avulla. UPS-verkkoon liitetään kaikista kriittisimmät kuormitukset, jotka voivat vaarantaa potilaan tai henkilökunnan hengen, jos syöttö katkeaa. UPS-järjestelmällä pystytään varmistamaan potilaan turvallinen hoito sähkönsyötön katketessa normaalissa verkossa. Varavoimaverkkoon liitetään hätäpoistumisvalaistukset ja muut valaistukset, jos sattuu syötön katkeaminen. Normaalissa verkossa onkin sitten muut ei niin tärkeät sähköjärjestelmät kytkettynä esimerkkinä henkilökunnan taukotilat ja pukutilat.

G1 ja G2 lääkintätiloilla on myös omat tarkat vaatimukset. G2 tiloissa käytetään lääkintä IT-järjestelmää, jolla turvataan katkeamaton syöttö. Lisäpotentiaalintasaus on myös tärkeä osa sairaalaa, sillä G1- ja G2-tiloissa maadoitetaan lähes kaikki mahdollinen, mikä sisältää metallia esimerkiksi wc:n tukikaiteet, putkistot ja altaat.

Itselleni tämä dokumentin tekeminen antoi valtavasti lisätietoa sairaalan sähköjärjestelmistä ja auttaa varmasti itseäni paljon omassa työtehtävässäni.

## LÄHTEET

Alaruikka, R. 2017. Verkostomitoitus sairaalakohteessa. Oulun Ammattikorkeakoulu. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Ketola, E. 2020. Älykäs digitaalinen sairaala. Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto LUT. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Diplomityö.

kW-set 2021. Avomalliset dieselgeneraattorit. Viitattu 25.11.2021  
<https://www.kwset.fi/fi/varavoimalaitteet/avokoneet/>

Nestor Cables 2017. Rakennustuoteasetus (CPR) parantaa kaapeleiden paloturvallisuutta. Viitattu 14.11.2021  
<https://www.nestorcables.fi/ajankohtaista/blogi/rakennustuoteasetus-cpr-parantaa-kaapeleiden-paloturvallisuutta.html>

Schneider Electric 2018. Electrical Installation Guide 2018. Viitattu 10.11.2021  
<https://www.se.com/ww/en/work/products/product-launch/electrical-installation-guide/>

SFS-käsikirja 600–1–1 2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 1–1: yleisvaatimukset (SFS 6000 osat 1–6). Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS ry.

SFS-käsikirja 600–1–2 2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 1–2: erikoistilojen ja täydentävät vaatimukset (SFS 6000 osat 7–8). Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS ry.

ST 51.79 2020. Ohje lääkintätilojen sähköasennuksiin. Espoo: Sähkötieto ry.

ST 52.35.01 2010. UPS-laitteet ja -järjestelmät. Espoo: Sähkötieto ry.

ST 53.11 2018. Kuluttajamuuntamot. Espoo: Sähkötieto ry.

ST 53.21 2018. Rakennusten sähköasennusten maadoitukset ja potentiaalintasaukset. Espoo: Sähkötieto ry.

ST 53.25 2018. Ohjeita vikasuojauksesta enintään 1000 V TN-järjestelmässä Espoo: Sähkötieto ry.

ST 53.28 2019. Pienoisjännitejärjestelmät SELV, PELV ja FELV. Espoo: Sähkötieto ry.

ST-käsikirja 31 2019. Varavoimakoneet ja -laitokset. Espoo: Sähkötieto ry.

ST-ohjeisto 6. 2017. Sähkölaitekorjaajan opas. Espoo: Sähkötieto ry.

Tukes 2021. Sähkömagneettinen yhteensopivuus – EMC. Viitattu 18.11.2021

<https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/sahkolaitteet/sahkomagneettinen-yhteensopivuus-emc>

## LIITTEET

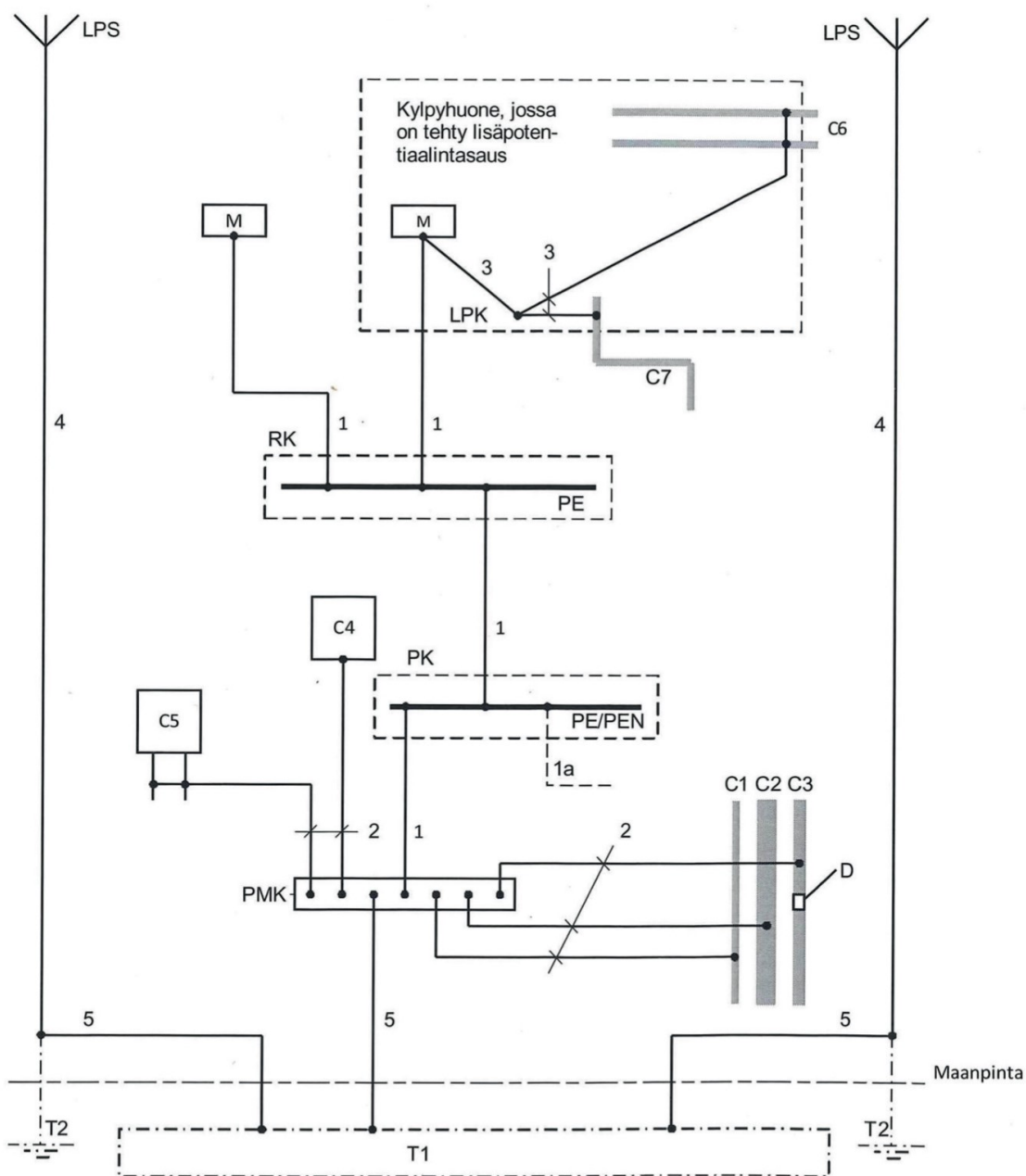
Liite 1. Varavoimaverkon pääkaavio. (ST 31 2019, 39)

Liite 2. Sairaalan sähköverkon rakenteen esimerkki. (SFS 600-1-2 2017, 122)

Liite 3. Pienjänniteasennuksen maadoitusten ja potentiaalintasausten periaatteellinen kytkentä ja tunnuksset, sekä merkintöjen selitykset. (ST 53.21 2018, 2, 3)







Selite	
Tunnus	Nimi
C	Muu johtava osa
C1	Ulkopuolelta tuleva metallinen vesijohtoputki
C2	Ulkopuolelta tuleva metallinen viemäriputki
C3	Ulkopuolelta tuleva kaasuputki, jossa eristävä välikappale
C4	Ilmanvaihto
C5	Lämmitysjärjestelmä
C6	Metallinen vesijohtoputki esim. kylpyhuoneessa
C7	Metallinen viemäriputki esim. kylpyhuoneessa
D	Eristävä välikappale
PK	Pääkeskus
RK	Jakokeskus
PMK	Päämaadoituskisko
LPT	Lisäpotentiaalitasauskisko tai -liitin
T1	Betoniin tai maahan upotettu perustusmaadoituselektrodi
T2	Salamasuojausjärjestelmän maadoituselektrodi tarvittaessa
LPS	Salamasuojausjärjestelmä
PE	Keskuksen PE-liitin (liittimet)
PE/PEN	Pääkeskuksen PE/PEN-liitin (liittimet)
M	Jännitteelle altis osa
1	Suojamaadoitusjohdin (PE)
1a	Syöttävästä verkosta tuleva suojamaadoitusjohdin tai PEN-johdin
2	Pääpotentiaalintasausjohdin
3	Lisäpotentiaalintasausjohdin
4	Salamasuojausjärjestelmän alastulojohdin, jos sellainen on käytössä
5	Maadoitusjohdin