

**SAIRAALAN VARAVOIMAVERKON LIITTÄMINEN UUTEEN VARAVOIMAJÄRJESTELMÄÄN**

Lapin keskussairaala

Harju Johannes

Opinnäytetyö  
Tekniikka ja liikenne  
Sähkö- ja automaatiotekniikka  
Insinööri (AMK)

2019

Tekniikka ja liikenne  
Sähkö- ja automaatiotekniikka  
Insinööri (AMK)

---

<b>Tekijä</b>	Johannes Harju	Vuosi	2019
<b>Ohjaaja</b>	DI Jaakko Etto		
<b>Toimeksiantaja</b>	Lapin keskussairaala Tekninen johtaja Rauno Karjalainen		
<b>Työn nimi</b>	Sairaalan varavoimaverkon liittäminen uuteen varavoimajärjestelmään		
<b>Sivu- ja liitesivumäärä</b>	37 + 6		

---

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia Lapin keskussairaalan ja tulevan sairaalan laajennuksen varavoimajärjestelmiä ja niiden rakenteita. Tässä opinnäytetyössä keskityttiin nykyisiin varavoimajärjestelmiin ja siihen, miten uusi varavoima voitaisiin liittää jo olemassa oleviin järjestelmiin. Lapin keskussairaalan varavoimajärjestelmillä varmistetaan sähkökatkon sattuessa sähkönjakelun turvaaminen tarvittaviin kohteisiin. Tämä opinnäytetyö tehtiin Lapin keskussairaalalle vuoden 2019 talven ja kevään aikana.

Työn laajuuden vuoksi rajaus pienempiin asiakokonaisuuksiin oli haastavaa, mutta tärkeää. Työ toteutettiin enimmäkseen kotona internetiä, erilaista kirjallisuutta sekä Lapin keskussairaalan teknisten asiantuntijoiden kokemusta ja ammattitaitoa hyödyntäen. Työn eri vaiheissa oli kuitenkin käytävä paikan päällä, esimerkiksi ottamassa kuvia kohteista ja sähköteknillisistä materiaaleista.

Opinnäytetyössä kerrottiin aluksi Lapin keskussairaalaista ja sen tulevasta laajennushankkeesta. Sen jälkeen käsiteltiin yleisesti varavoimajärjestelmien rakennetta ja eri tyyppisiä varavoimaratkaisuja. Erilaiset sairaalatoiminnot tarvitsevat erityyppisiä ratkaisuja sisäiseen sähkönjakeluun, kriittisimmät kuormat tarvitsevat katkotonta varavoimajärjestelmää, kun taas osalle riittää tietyllä aikaviiveellä saatava varavoima.

Työssä käytiin läpi nykyiset varavoimajärjestelmät sekä muutoksen jälkeen käyttöön jäävät varavoimajärjestelmät. Lisäksi työssä käsiteltiin osaltaan myös keskussairaalan keskijänniteverkkoa ja sen rakennetta.

Lopuksi esiteltiin erilaisia vaihtoehtoja uuden varavoimajärjestelmän liittämisestä nykyiseen ja miten liittäminen käytännössä toteutettaisiin.

Avainsanat: sairaala, varavoima

Technology, Communication and Transport  
Electrical Engineering  
Bachelor of Engineering

---

<b>Author</b>	Johannes Harju	Year	2019
<b>Supervisor</b>	Jaakko Etto, M.Sc (Tech.)		
<b>Commissioned by</b>	Lapland Central Hospital Rauno Karjalainen, Technical Director		
<b>Subject of thesis</b>	Connecting a hospital standby electric supply system to a new standby electric supply system		
<b>Number of pages</b>	37 + 6		

---

The purpose of this thesis was to research the standby electric supply systems and their structure in Lapland Central Hospital and the upcoming expansion of the hospital. This thesis focused on the existing standby electric supply systems and how to connect them to the new system. In the event of a power outage, the Lapland Central Hospitals standby electric supply will secure the supply of power to the necessary current using equipment. This thesis was conducted at the Lapland Central Hospital during the winter and spring of 2019.

Due to the scope of the work, the delimitation of smaller topics was challenging, but important. The work was mostly done at home using the internet, various literature and the experience and expertise of the technical experts at the Lapland Central Hospital. In the different stages of the thesis, it was necessary to go on-site, for example, taking pictures of equipment and electro-technical materials.

The thesis first describes Lapland Central Hospital and its upcoming expansion project. After that the structure of the standby electric power supply systems and the various types of standby electric power supplies are generally discussed. Different hospital functions require different types of solutions for internal power distribution, the most critical loads need a nonstop standby electric supply system, while some functions require power in certain time delay.

The existing standby electric supply system were reviewed and the systems that would remain use after the expansion. In addition, the medium voltage network of the central hospital and its structure were also part of the work in the thesis.

At the final stage, various alternatives were presented to integrate the new standby electric supply system into the present one and how to put it into practice.

Keywords: Hospital, standby electric supply system

## SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	7
2 LAPIN KESKUSSAIRAALA .....	8
2.1 Lapin keskussairaala .....	8
2.2 Lapin keskussairaalan laajennushanke .....	9
3 VARMENNETTU SÄHKÖNSYÖTTÖ SAIRAALOISSA.....	10
3.1 Rakenne ja järjestelmät .....	10
3.2 Varavoimadieselgeneraattorit .....	14
3.3 DRUPS-laitteisto .....	15
3.4 UPS-laitteistot .....	16
3.5 Erikoisvaravoima .....	18
3.6 Varavoimien kuormat .....	19
4 NYKYINEN VARMENNETTU SÄHKÖNJAKELU.....	22
4.1 Nykyinen järjestelmä.....	22
4.2 Käyttöön jäävä osa .....	26
5 UUDEN VARAVOIMALAITOKSEN LIITTÄMINEN NYKYISEEN JÄRJESTELMÄÄN.....	28
5.1 Sairaalan sähkönsyöttö ja varavoimaratkaisu.....	28
5.2 Liityntävaihtoehdot.....	30
5.3 Toteutusjärjestelyt.....	31
6 POHDINTA .....	34
LÄHTEET .....	34
LIITTEET .....	37

## ALKUSANAT

Haluan kiittää Lapin keskussairaalan teknisen johtajan Rauno Karjalaisen tarjoamaa tilaisuutta tutustua sairaalan varavoimajärjestelmän rakenteeseen syvällisemmin ja saadessani mahdollisuuden tehdä opinnäytetyöni Lapin keskussairaalalle. Haluan myös kiittää Lapin keskussairaalan sähkökäytön ja -töiden johtajaa Seppo Rautiaista laajan asiantuntemuksen tarjoamisesta ja jakamisesta. Lopuksi haluan myös kiittää opinnäytetyöni ohjaajaa Jaakko Ettoa työn ohjaamisesta ja kannustuksesta.

Rovaniemellä 30.4.2019

Johannes Harju

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

ATS	Automatic Transfer Switch
DRUPS	Diesel Rotary Uninterruptible Power Supply
UPS	Uninterruptible Power Supply

## 1 JOHDANTO

Työskentelen Lapin keskussairaalan teknisissä palveluissa huoltohenkilöstössä. Teknisten palvelujen tehtävänä on tuottaa ja järjestää sairaanhoitopiirin tarvitsemat tekniset suunnittelu-, investointi- ja kunnossapitopalvelut sekä rakennuttamis- ja käyttötehtävät sairaanhoitopiirin kuntayhtymän laitoksissa ja kiinteistöissä. Halusin tehdä opinnäytetyön konkreettisesta aiheesta, josta olisi hyötyä omaan nykyiseen työhöni ja tulevaisuuteen sairaalan sähkötekniikan parissa.

Sairaalan tekninen johtaja Rauno Karjalainen ehdotti opinnäytetyöni aiheeksi Lapin keskussairaalan ja sairaalan laajennuksen varavoimajärjestelmiin liittyen. Opinnäytetyön myötä varavoimajärjestelmistä ja sisäisestä sähköjakelusta tulisi minulle laajempi ja syvällisempi osaaminen tulevaisuutta ajatellen.

Teknisen johtajan tarjoama ehdotus opinnäytetyön aiheeksi herätti heti kiinnostuksen. Aihe on tietyiltä jo tuttu ennestään työskennellessäni teknisissä palveluissa. Tämä aihe mahdollistaa paljon syvällisemmin tutustumisen sairaalan varavoimajärjestelmään ja erityisesti Lapin keskussairaalan varavoimajärjestelmään.

Tässä opinnäytetyössä käsitellään kiinteistöjen varavoimalla varmennettujen sähköjakeluverkkojen tyypillisiä laitekokonaisuuksia. Työssä käsitellään sähköverkkojen rakennetta keskijänniteverkosta varavoimajärjestelmien kautta kulkuskojeisiin asti sekä Lapin keskussairaalan ja tulevan laajennusosan varavoiman rakennetta ja uuden ja vanhan varavoimajärjestelmän yhteen liittämistä. Uuden varavoimajärjestelmän valinta ei sisälly opinnäytetyöhön, sillä valinnan suorittavat laajennushankkeessa työskentelevät henkilöt, eikä lopullista päätöstä valittu opinnäytetyön aikana.

Päädyin valitsemaan ehdotetun aiheen, sillä siitä on hyötyä nykyisen työnkuvani kannalta. Teknisissä palveluissa työskennellessä voin työni ohessa tutkia ja miettiä varavoimajärjestelmien tärkeyttä ja rakennetta, mikä helpottaa myös opinnäytetyön tekemistä. Se mahdollistaa myös hyvät olosuhteet työskennellä sairaaloiden ja suurien kiinteistöjen sähkötekniikan parissa sähkövoimainsinöörinä tulevaisuudessa.

## 2 LAPIN KESKUSSAIRAALA

### 2.1 Lapin keskussairaala

Lapin keskussairaala kuuluu osana 15 kunnan omistamaan Lapin sairaanhoitopiirin kuntayhtymään, johon kuuluu 15 Suomen pohjoista kuntaa. Kuntayhtymän tehtävä on huolehtia alueen väestölle erikoissairaanhoidon palveluista, yhteistyössä perusterveydenhuollon ja sosiaalihuollon kanssa. (LSHP 2019.)

Lapin keskussairaala sijaitsee Rovaniemellä ja sairaalan historia ulottuu 1800-luvun loppupuolelle, jolloin perustettiin Rovaniemelle ensimmäinen yleinen sairaala. Nykyinen Lapin keskussairaalan päärakennus (Kuva 1) otettiin käyttöön vuonna 1988, rakennusta on laajennettu kertaalleen vuonna 2006. Päärakennuksen lisäksi toimintaa on sairaalakampuksella Vilkka- ja hallintorakennuksissa sekä 27 kilometrin päässä olevassa Muurolan yksikössä. (Joki 2014, 8-10.)



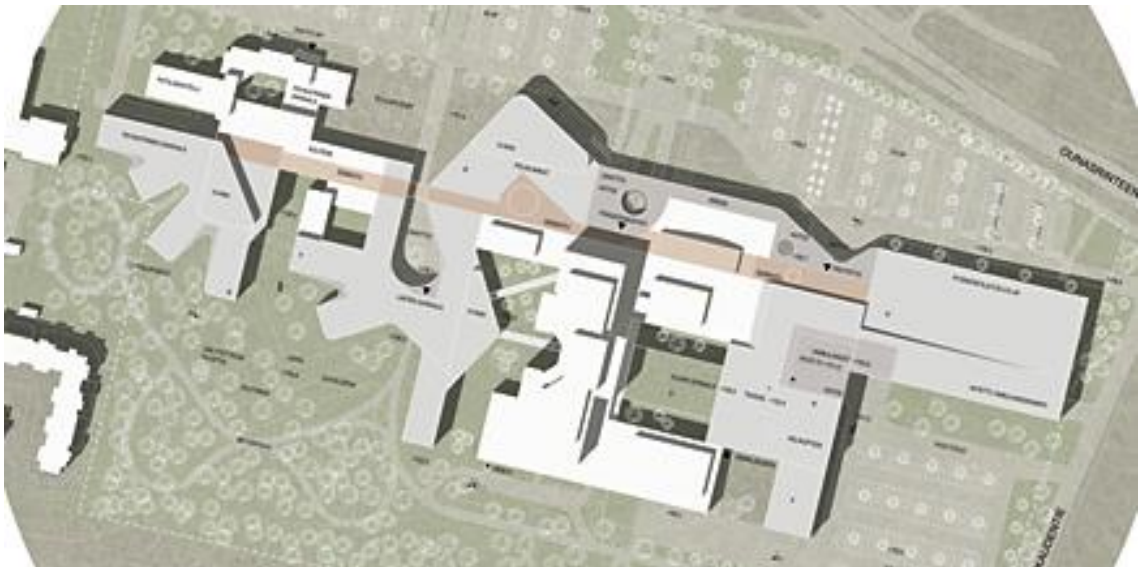
Kuva 1. Lapin keskussairaala. (HeliFLite Oy, n.d.)



## 2.2 Lapin keskussairaalan laajennushanke

Lapin keskussairaalan sairaalatoiminta on 25 vuoden aikana muuttunut runsaasti teknologian ja lääketieteen kehityksen myötä. Muun muassa vuodeosaston paikat ovat vähentyneet ja avohoito lisääntynyt, mihin yksi iso syy on päiväkirurgisen toiminnan lisääntyminen.

Sairaalan laajennuksen suuruus on noin 39 000 brm<sup>2</sup>. Uusia tiloja tarvitsevat eniten dialyysiyksikkö, päivystys, välinehuolto, ensihoito, sairaala-apteekki, lastentautien yksikkö sekä osa poliklinikoista. Psykiatrian hajasijoitetut hoitoyksiköt on tarkoitus laajennuksen myötä keskittää yhteen paikkaan, pysäköintipaikkoja on myös tällä hetkellä liian vähän, joten laajennuksen myötä rakennetaan parkkitalo. Laajennuksen rakentaminen aloitetaan pysäköintitalon osalta syksyllä 2019 ja sairaalan rakentaminen vuosi tämän jälkeen syksyllä 2020. Kokonaisuudessaan laajennuksien arvioitu valmistumisaika on syksyllä 2023. Kuviossa 1 näkyvässä ilmakuvaossa on hahmotelma sairaalan laajennuksen arkkitehtuurikilpailun voittajalta. Kuviossa 1 valkoinen osa kuvaa vanhaa sairaalaa ja tummempi osa laajennuksen osuutta. (ITU 2022-Laajennushanke 2015.)



Kuvio 1. Sairaalan laajennus arkkitehtuurikilpailun voittajan yleissuunnitelman ilmakuva. (ITU 2022-Laajennushanke 2015.)

### 3 VARMENNETTU SÄHKÖNSYÖTTÖ SAIRAALOISSA

Jakeluverkon katkokset ovat mahdollisia, mutta yleensä onneksi harvinaisia, sillä niiden takia toiminta vaikeutuisi huomattavasti tai jopa osaltaan pysähtyisi sähkön saannin häiriintyessä. Yleensä mitä monimutkaisemmista ja herkemmistä laitoksista on kyse, sitä herkemmin sähkön katkeaminen tai heikkeneminen aiheuttaa toiminnalle häiriötä tai vahinkoa. Tämän vuoksi sähkön jakelu halutaan turvata ja varmentaa. Sähkön jakelun turvaaminen tuo lisäkustannuksia sähköverkon rakentamisen ja sen ylläpidon vuoksi, siksi varavoimajärjestelmää hankkiessa onkin hyvä vertailla erityyppisiä vaihtoehtoja ja niiden tuomia kustannuksia. (ST-käsikirja 20 2005, 13-14.)

Sairaalaympäristöissä sähkönjakelun katkoksiin on varauduttava. Lähtökohtana on se, että potilasturvallisuus on säilyttävä ja sairaalan on kyettävä pitämään toimintakyky valtakunnanverkon puuttuessa. Sähkökatkon aikana tulee käynnissä olevat toimenpiteet voida varavoiman avulla suorittaa loppuun sekä toimimaan vuodeosastoilla ja muissa toiminnoissa liki normaalisti. (Jauhiainen 2016.)

#### 3.1 Rakenne ja järjestelmät

Sairaalan käynnissäpito vaatii paljon sähköä. Varavoimalla tarkoitetaan jakeluverkosta erillään toimivaa tehon lähdettä, jolla pystytään tuottamaan kiinteistöön tehoa jakeluverkon vikatilanteissa. Varavoiman avulla sähköä tuotetaan ainoastaan toiminnan ja turvallisuuden kannalta kriittisiin laitteistoihin ja kohteisiin, tällöin varavoimakoneita ei tarvitse mitoittaa suoraan kiinteistön huipputehon perusteella. Ylimoitettu järjestelmä lisää huomattavasti kustannuksia. Yleisin toimintamalli sairaaloissa on dieselgeneraattoreiden ja UPS-laitteiden yhdistelmät. Niistä suurimman varavoimatehon tuottajat ovat dieselgeneraattorit, jotka tuottavat tehoa pienellä viiveellä katkoksesta. Sisäisessä sähkönjakelussa tämä aiheuttaa katkoksen, joka aiheuttaa ongelmia toimintaan. Tämän vuoksi sairaaloissa on katkollista sähkönjakelua täydentämään rakennettu UPS-laitteistot ja akustot, näiden järjestelmien ansiosta toiminta voi jatkua katkotta. Varavoimajär-

jestelmän täytyy huolehtia automaattisesti sähkönsyötöstä, mikäli jännite pääkeskuksessa, mihin syöttö jakeluverkosta tuodaan, putoaa alle 90% normaalijännitteestä. (Källi 2012 2-9; SFS 600-1-2 2017, 106.)

Varavoimalaitoksen tulee olla tarpeeksi varmakäyttöinen, suorituskykyinen ja turvallinen sekä sen tulee täyttää EU:n ja Suomen viranomaisten määrittelemät määräykset. Varavoimalaitoksen tulee toimia luotettavasti eikä sen toiminta normaalissa käytössä saa aiheuttaa vaaraa käyttäjilleen ja ympäristölleen. Vaaraa ei saa myöskään aiheutua väärinkäytöstä, jota voi esiintyä normaali olosuhteissa, huolimattomuuden tai erehdyksen vuoksi. Tavoitteena komponentteja ja rakenteita valittaessa tulee pitää seuraavia elinikäennusteita kyseisissä olosuhteissa olettaen, että noudatetaan valmistajan huolto- ja koekäyttöohjeita:

1. vaikeasti vaihdettavat, saatavat ja korvattavissa olevat osat tai kokonaisuudet vähintään 20 vuotta tai 5 000 käyttötuntia nimellisarvoillaan
2. helposti vaihdettavat, saatavat ja korvattavissa olevat osat tai kokonaisuudet vähintään 5 vuotta tai 1 000 käyttötuntia nimellisarvoillaan
3. huolto-osat vähintään 1 vuosi tai 150 käyttötuntia nimellisarvoillaan. (ST-käsikirja 31 2019, 85.)

Liitteessä 1 on hyvä esimerkki suuritehoisen, varmennetun verkon toteutuksesta. Ratkaisun toiminnassa on otettu huomioon keinokuorman ja varasyötön liitännät omaan kiskoston osaan. Liitännän seurauksena varavoimapääkeskuksen (VVPK) tarvittavien kytkinlaitteiden määrä on pienitehoiseen ratkaisuun verrattuna suurempi. Verkon syöttöjännitteen normaalitilanteessa varavoimalaitos seisoo ja varmennetut kuormat saavat syöttönsä verkosta katkaisija Q1:sen kautta, kytkinlaitteet Q3 ja Q4 ovat kiinni ja katkaisija Q2 auki. Mikäli verkkojännite huononee laitoksen käynnistysrajalle, varavoimakone käynnistyy. Syötönvaihtoautomaatiikka avaa katkaisija Q1:sen ja ohjaa katkaisija Q2 kiinni, jolloin varavoimakoneesta tulee syöttö varmennettuihin kuormiin. Verkon jännitteen palaututtua tapahtuu syötön vaihto asetellun hidastusajan kuluessa, jolloin syötönvaihtoauto-

matiikka siirtää varavoimalaitokselta syötön verkolle. Paluukytkentä tapahtuu katkottomasti, missä syötönvaihtoautomatiikka antaa tahdistimelle käskyn ja tahdistin ohjaa katkaisijan Q1 kiinni verkkojen ollessa keskenään tahdissa. Tämän jälkeen syötönvaihtoautomatiikka avaa katkaisijan Q2, jolloin varmennetut kuormat siirtyvät katkotta verkolle. Mikäli verkolle paluu halutaan suorittaa katkon kautta, ohjaa syötönvaihtoautomatiikka katkaisija Q2 auki, jonka jälkeen sulkee katkaisijan Q1. Molemmissa toimintatavoissa varavoimakone pysähtyy asetellun jälkiikäntiajan jälkeen, jääden valmiustilaan. Koekäytöissä tai huipputehon leikkauksessa kytkentä tapahtuu tahdistamalla Q2 verkon rinnalle. Huollon tai korjauksen ajaksi voidaan varavoimalaitos erottaa muusta verkosta avaamalla kytkinlaite Q3 tai Q4. Sen jälkeen voidaan varavoimalaitosta käyttää ja tarvittaessa myös kuormittaa keinokuorman avulla. Q4 tarvitaan silloin kun kuormitetaan keinokuorman avulla, ilman yhteyttä verkkoon. (ST-käsikirja 31 2019, 36-39.)

Varavoimajärjestelmiä suunniteltaessa sähkösuunnittelijat selvittävät kohteiden kokonaistehon tarpeen, varmennettavan verkon ja laitokselle asetettavat vaatimukset sekä tilanvaraukset. Sähkötekniisiin vaatimuksiin kuuluu esimerkiksi suojausten toiminta, oikosulkukestoisuus ja sähkön laatu. Valvonta tulee tapahtua niin, että luotettava toiminta ja hyvä käytettävyyys asetetaan kaikkien järjestelmien yhteensovittamisessa etusijalle. (ST-käsikirja 31 2019, 14.)

Varavoiman ylläpitoa voidaan helpottaa eri valvontajärjestelmien avulla. Näiden avulla voidaan niukimmillaan saada hälytys toiminnan häiriintymisestä rakennusautomaatioon ja tämän kautta päivystäjälle. Järjestelmä ei saa olla riippuvainen toisista ulkopuolisista järjestelmistä ja sitä on hyvä valvoa jatkuvasti, esimerkkinä häiriöhälytykset, ennaltaehkäisevät hälytykset, käyntitieto ja ei käyttövalmiintieto. Osa laitoksista voidaan kytkeä tietoliikenteeseen ja valvoa samalla mittauksia ja ohjauksia. Tämä tuo sen edun, että etänä voidaan nähdä ihan samat asiat kuin varavoiman ohjauskeskuksen luona. Kaukokäytöllä voidaan vähentää, muttei kokonaan poistaa paikan päällä käyntiä. (ST-käsikirja 20 2005, 24, 142-143.)

Akku-, varavoima-, ja UPS verkoissa oikosulkuvirrat ovat normaalin valtakunnanverkon oikosulkuvirtoihin nähden yleisesti pienempiä. Sähköverkon selektiivisyyteen on kiinnitettävä erityistä huomiota ja suojauksen toteutumisesta on esitettävä laskentadokumentit. (Ränkman 2008, 35.)

Sairaaloissa tarvitaan yleensä varmennettua sähkönsyöttöä, jonka avulla turvataan lääkintätilan toiminta sähkökatkon aikana. Normaalisti sairaaloissa vaaditaan varavoimaa, jonka sähkökatkot ovat alle 0,5 sekuntia ja korkeintaan 15 sekuntia. Toiminnan turvaaminen pitkien katkosten vuoksi voi myös vaatia lisävaravoimaa, jonka viive voi olla yli 15 sekuntia. Pienemmän viiveen tarjoavat yleensä akku- ja UPS-järjestelmät, kun taas varavoimageneraattorit tarjoavat alle 15 sekunnin viiveen. (SFS 600-1-2 2017, 105.)

Lääkintätilojen varavoimajärjestelmien sähköiset syötöt on jaettu viiteen eri ryhmään.

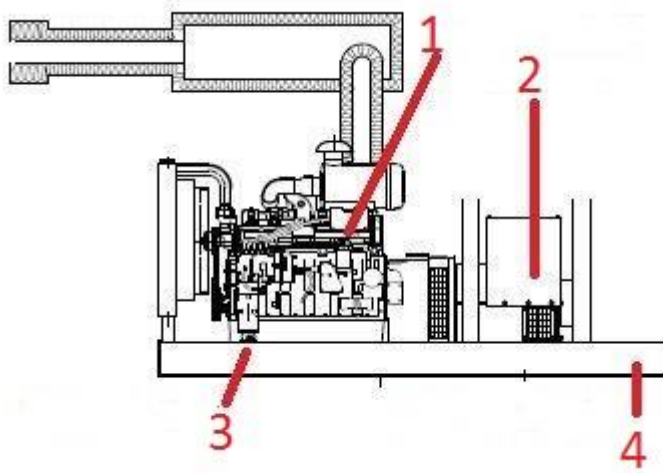
- Luokka 0 (ei katkosta). Automaattinen syöttö ilman katkosta.
- Luokka 0,15 (tosi lyhyt katkos). Automaattinen syöttö 0,15 sekunnin kuluessa.
- Luokka 0,5 (lyhyt katkos). Automaattinen syöttö 0,5 sekunnin kuluttua.
- Luokka 15 (keskipitkä katkos). Automaattinen syöttö 15 sekunnin kuluessa.
- Luokka > 15 (pitkä katkos). Automaattinen tai käsin ohjattu syöttö yli 15 sekunnin kuluessa. (SFS 600-1-2 2017, 110.)

Yleensä luokka 0 on yleisesti tarpeeton lääkintälaitteiden syöttöön, kuitenkin osa mikroprosessoreista voi tarvita sellaisen. Esimerkiksi UPS-laitteistot kuuluvat luokan 0 varavoimajärjestelmiin. Varavoimajärjestelmien luokittelussa tulee ottaa huomioon se, että sen on täytettävä sen luokan vaatimus, joka antaa parhaimman syöttövarmuuden. (SFS 600-1-2 2017, 110.)

### 3.2 Varavoimadieselgeneraattorit

Dieselgeneraattorit ovat dieselmoottorin ja generaattorin yhdistelmiä. Dieselgeneraattorit koostuvat dieselmoottorista, generaattorista ja niiden välissä sijaitsevasta voimansiirrosta, tärinänvaimentimista ja alustarakenteesta.

Kuviossa 2 on esitetty tyypillinen dieselgeneraattorilaitteisto. Laitteiston pääosat ovat 1 dieselmoottori, 2 generaattori, 3 tärinänvaimentimet ja 4 alustarakenne.



Kuvio 2. Tyypillinen dieselgeneraattorin rakenne. (Agcopower 2019.)

Dieselgeneraattoreiden tulee toimia moitteettomasti ja niiden käynnistysaika tulee sovittaa käyttötarkoitukseen. Jos määräykset vaativat varavoimaverkon tehon saantia tietyssä ajassa, tulee sitä noudattaa ensisijaisesti. Esimerkkinä voidaan mainita sairaaloita koskevat määräykset, jossa vaaditaan varavoiman saantia alle 15 sekunnissa verkkokatkoksesta. Niissä kohteissa, jossa ei vaadita kiinteää aikarajaa, voidaan käynnistykseen käyttää käynnistys ramppia, jolloin savunmuodostus on vähäisempää. Käynnistyminen tulee onnistua ensimmäisellä käynnistysyrityksellä. Moottorit tulee varustaa esilämmityksellä, joka varmistaa käynnistymisen jokaisella käyttöpaikan lämpötilaolosuhteella. Automaattisesti toimivan varavoimalaitoksen esilämmityksen toiminta on varmistettava automaattisella viikahälytyksellä. Varavoimalaitosten toiminnassa on varauduttava jatkuvaan käyttöön, joten niiden tulee sisältää kaikki palvelevat apujärjestelmät. Useimmissa käyttökohteissa on varauduttava siihen, että varavoimalaitos voi käydä yhtäjaksoisesti useita vuorokausia, jopa viikkoja. (ST-käsikirja 31 2019, 85-86.)

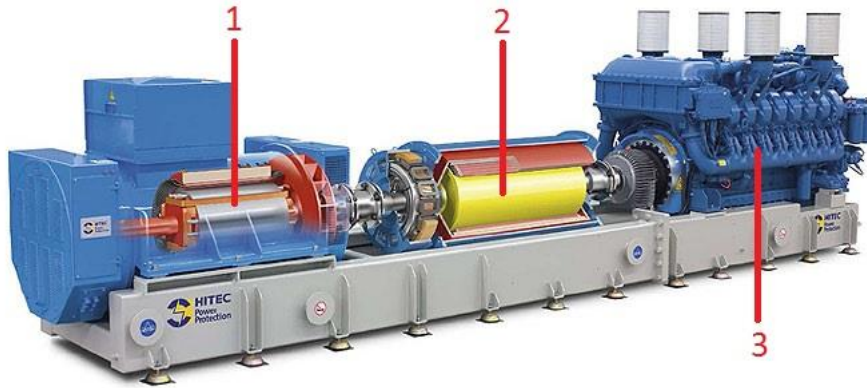
Dieselgeneraattoreiden ja automatiikan toimivuus tositilanteissa on hyvä varmistaa koekäyttöillä, tämä tuo käyttövarmuutta järjestelmään tositilanteen tullessa. Sairaaloissa polttomoottoreilla toteutetut varavoimajärjestelmät tulee koekäyttää kuukauden välein siihen asti, että käyttölämpötila saavutetaan. Lääkintätilojen ja koekäyttöjen vaatimuksista kerrotaan enemmän SFS 6000-7-710 standardissa. (SFS 600-1-2 2017, 108.)

### 3.3 DRUPS-laitteisto

Uusimpia tulokkaita varavoimajärjestelmissä ovat DRUPS-laitteistot, joita osa sairaaloista on ottanut käyttöönsä. DRUPS-laitteisto on lyhenne englannin kielen sanoista "Diesel Rotary Uninterruptible Power Supply", nimensä mukaan se on dieselmootorilla ja pyörivällä generaattorilla varustettu UPS-laite. Laitteessa yhdistyvät lyhytkestoinen UPS-laitteisto ja pitkäkestoinen varavoima. Laitevalmistajat mainostavat tuotetta myös sillä, että laite poistaa pienet valtakunnan verkosta tulevat häiriöt. Suurin toiminnallinen ero normaaliin varvoimageneraattoriin on laitteistossa pyörivä huimamassa, joka ylläpitää pientä energiavarastoa. Verkkosähkön katkettua, laite käynnistää dieselmootorinsa. Generaattori tuottaa sähköä huimamassan ansiosta sen ajan, minkä dieselmootoreiden käynnistyminen kestää. Dieselmootoreiden käynnistyttyä laite muuttuu toiminnaltaan normaalia varavoimaa muistuttavaksi. Kuorman jännite pysyy katkottomana koko ajan. Verkkosähkön palauduttua laite tunnistaa verkkosähkön palautumisen ja antaa käskyn dieselmootorille pysähtyä ja siirtyä näin katkottomasti verkkokäyttöiseksi. (kW-set 2019.)

DRUPS-laitteisto kuuluu katkottomaan varavoimaluokkaan. Laite voi korvata useamman eri varavoimajärjestelmän, jolloin käytössä oleva yksi varavoimaverkko selkeyttää järjestelmää. Varmennetun verkon sisäiset oikosulkuvirrat eivät tuota uhkaa sähkön katkeamiselle. Suurena miinuksena laitteistoa käytettäessä on kuitenkin sen aiheuttamat suuret sähköhäviöt huimamassan pyörittämisessä, koska suuren massan pyörittäminen vie paljon energiaa. Pyörivä huimamassa tarvitsee myös huoltoa, minkä vuoksi onkin suositeltavaa kahdentaa tehon lähde, jolloin yhden laitteen teho voi ylläpitää kiinteistön kuormaa toista huollettaessa. (kW-set 2019.)

Kuvassa 2 on esitetty Hitecin valmistama DRUPS-laitteisto, jonka pääosat ovat 1 generaattori, 2 huimamassa sekä 3 dieselmoottori.

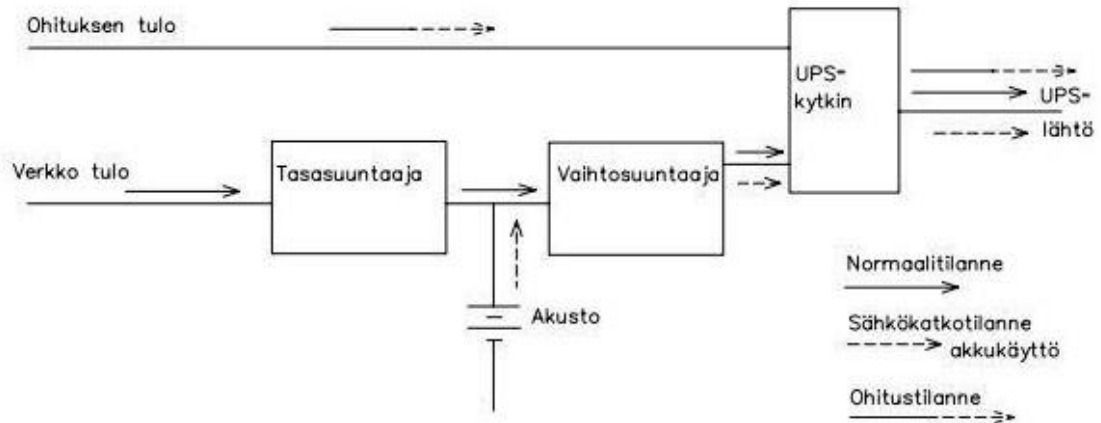


Kuva 2. DRUPS-laitteisto (Hitachi-Hirel 2019.)

### 3.4 UPS-laitteistot

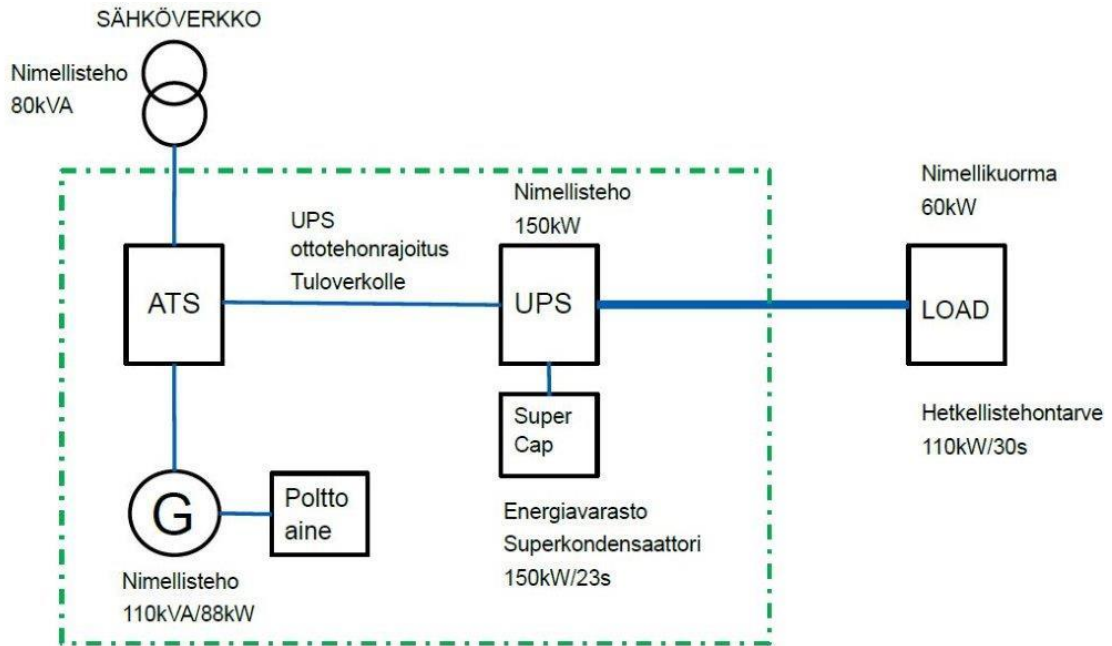
UPS-laitteella tarkoitetaan staattista, tehoelektronikan laitetta, joka akkujensa turvin tuottaa katkottoman sähkönsyötön kuormille. UPS-laitteen kaksi päätehtävää on antaa kaksi sähkönsyöttölinjaa, pääsyöttölinja ja varasyöttölinja eli ohituslinja, sekä parantaa sähkönlaatua kyseessä olevalle kuormitukselle riittäväksi. Laite koostuu tasasuuntaajasta, akustosta ja vaihtosuuntaajasta sekä siinä tulisi olla staattinen ohituskytkin. Staattisella ohituskytkimellä, UPS-laitteen vikaantuessa, kuorma siirtyy automaattisesti varasyötölle. Lisäksi siinä olisi hyvä olla mekaaninen, käsin ohjattava huolto-ohituskytkin. Akustoina käytetään pääasiassa suljettuja ja avoimia akkuja. Suljetut akut ovat yleistyneet käytössä sen parempien purkausominaisuuksien vuoksi, myöskään akkuhuoneen tarvetta ei suljetuissa akuissa ole. Huonona puolena suljetuissa akuissa on niiden käyttöikä, joka on yleensä lyhyempi verrattuna muun tyyppisiin akkuihin. Myös UPS:n valvontaja ohjausjärjestelmät muodostavat oman kokonaisuuden. Kuviossa 3 on peruskenttä UPS-laitteista, Double Conversion kytkennällä. Kytkentä tarkoittaa sitä, että kriittistä kuormaa syöttää aina vaihtosuuntaaja, riippumatta syöttävän verkon tilasta. (ABB 2000, 28; ST 52.35.01 2010, 4.)





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

UPS-laitteistojen uusi tulokas on UPSG-ratkaisu. Järjestelmä myydään yleensä niin sanotulla konttiratkaisulla, joka tarjoaa kontin sisällä kaikki tarvittavat katkotomaan varavoimajärjestelmään. Kuviossa 4 on havainnekuva konttiratkaisusta. Kontti sisältää dieselgeneraattorin, polttoainesäiliön, UPS järjestelmän superkondensaattorit energiavarastona, automaattisen verkonvaihtokytkimen (ATS) ja jakelukeskuksen. Energiavarastona superkondensaattorit pystyvät tuottamaan täyttä kuormaa dieselgeneraattorin aiheuttaman viiveen ajan. Dieselgeneraattorit käynnistyvät 15 sekunnin aikana sähkökatkosta ja alkavat tuottaa kuormaan tehoa. Superkondensaattoreilla toimiva malli on suunniteltu suuriin kiinteistöihin, joihin Eaton pystyy tarjoamaan teholtaan jopa 2400 kVA suuruisia UPSG-laitteita. Laite tarjoaa varmennettua ja katkeamatonta sähköä. Superkondensaattorit ovat paljon huoltovapaampia kuin normaalit akut. Energiavarastoina superkondensaattorit eivät tuota lämpöä eivätkä vaadi erityisiä vaatimuksia jäähdytykselle. Normaaliosuhteissa käyttöikä voi olla 20 vuotta ja niitä on myös mahdollista käyttää huipputehon leikkaukseen ja vinokuorman tasaukseen. (Eaton 2018a.)



Kuvio 4. Eatonin UPSG konttiratkaisun toimintaperiaate. (Eaton 2018b, 15.)

### 3.5 Erikoisvaravoima

Standardi SFS 6000-7-710:2017 luokittelee alle 0,5 kytkeytymisajan omaavan varavoimajärjestelmän lyhyeksi katkoksi. Yleisesti on käytössä termi ”erikoisvaravoima”, jolla tarkoitetaan myös alle 0,5 sekunnin kytkentäajan turvasyöttöjärjestelmää. Turvasyöttöjärjestelmän tulee kytkeytyä aina automaattisesti. (SFS 600-1-2 2017,105-106.)

Järjestelmä syöttää sähkökatkon aikana tutkimus- ja toimenpidevalaisimia. Järjestelmä syöttää myös lääkintäsähkölaitteita, joissa on käytön kannalta välttämättömiä valaisimia, esimerkiksi tähystysvalaisimia, mukaan lukien niihin liittyvät välttämättömät laitteet, esimerkiksi monitorit. (SFS 600-1-2 2017, 106.)

Kuvassa 3 on toimenpidevalaisin kipsaushuoneesta, kooltaan valaisin on pieni verrattuna leikkaussaleissa toimiviin. Kyseisessä toimenpidevalaisemisessa on käytössä vielä halogeenivalaisimet.



Kuva 3. Pieni toimenpidevalaisin kipsaushuoneesta.

### 3.6 Varavoimien kuormat

Se, mitä liitetään varmennettuun verkkoon ja mitä jätetään normaaliin verkkoon, täytyy miettiä tarkoin. Kiinteistöjen toimintatavoissa on suuria eroja, joissain tiloissa vaaditaan tietynlaista varmuutta, kun taas osassa ei ole tarvetta varmennettuun verkkoon. Seuraavassa luettelossa on lueteltu esimerkkejä, mitkä sähkökuormat kuuluvat varavoimaverkkoon Lapin keskussairaalassa.

- Osa tuloilmapuhaltimista ja kriittiset ilmanvaihtokoneet
- Automaatiojärjestelmien toimilaitteet
- Automaatiojärjestelmän alakeskukset
- 30% yleisvalaistuksesta
- Helikopterikentän vaatimat valaisimet

- Hissit
- Lääkintätiloissa 50% valaistuksesta
- Lääkintätilojen pistorasiat
- Osa potilashuoneiden pistorasioista
- Osa autoklaaveista
- Osa sairaalapesukoneista
- Tukiasemat
- ATK pistorasiat
- Heikkovirtaohjaukset
- Heikkovirtajärjestelmät
- Akku- ja UPS- varmennetut järjestelmät ja laitteet. (Rautiainen 2019.)

Yleisesti ottaen varavoimailaitosta ei voi mitoittaa niin suureksi, että sen teho riittäisi koko kiinteistön kuorman syöttämiseen. Tällöin kuormat jaetaan kahteen pääryhmään: varmentamattomat ja varavoimavarmennetut. Käyttötarkoituksista riippuen voi olla tarpeen, että kaikki mitoitettut toiminnot ovat varmennetun verkon perässä. Jossain tapauksissa voi olla tarpeen jakaa varavoimavarmennetut pääryhmät useampaan alaryhmään sallitun katkosajan tai kuorman ominaisuuksien mukaan. Käyttötarkoituksen todentamisessa on otettava huomioon Suomen lainsäädäntö, sähköenergian kulutushuipun mahdollinen pienentäminen omalla varavoimalla, halutun sähkön laatu sekä varavoima- ja turvasyöttöjärjestelmille asetetut vaatimukset. (ST- käsikirja 31 2019, 29-31.)

Varavoimaverkkoja suunniteltaessa tulee ottaa huomioon se, miten varavoimaa tuotetaan. Pelkästään dieselgeneraattoreilla tuotettu varavoima aiheuttaa katkoksen sähköverkossa, jolloin tulee ottaa huomioon sellaiset laitteet, joille katkos ei ole hyväksyttävää. Näille laitteille tulee suunnitella katkeamaton sähkönsyöttö,

joka voi olla esimerkiksi UPS-laitteisto. Käytännössä UPS-laitteisto syöttää sähköä koko ajan, mutta UPS-laitteisto saa sähkönsä valtakunnanverkosta, varavoimaverkosta tai akuista. (ST- käsikirja 31 2019, 31.)

## 4 NYKYINEN VARMENNETTU SÄHKÖNJAKELU

### 4.1 Nykyinen järjestelmä

Lapin keskussairaalan nykyinen varmennettu sähkönsyöttö koostuu neljästä erityyppisestä järjestelmästä. Sairaalassa on käytössä normaali-, varavoima-, erikoisvaravoima- ja UPS-verkko. Varmennetun verkon keskuksen osat ovat eroteltu normaalista verkosta eri värisillä keskusoteloilla ja tunnuksilla. Nykyaikaisissa osastoissa on värien avulla erottelu tuotu pistorasioihin asti, jolloin voidaan helpommin havaita varavoiman perässä olevat pistorasiat. Normaaliverkossa olevat laitteet eivät ole varmennetun sähkönsyötön perässä ollenkaan. Osa varavoima järjestelmistä kuuluu eri aikaluokkiin, joita ovat katkeamaton sähkönsyöttö, 0,5 sekunnin syöttö eli erikoisvaravoima ja alle 15 sekunnin syöttö, joka tuottaa suurimman varavoimatehon.

Suurin varmennetun sähkönsyötön tuottaja on dieselgeneraattorit. Varavoimakeskuksen kautta kulkee noin kolmasosa talon kuluttamasta sähköstä, kuorman suuruus vaihtelee jonkun verran, mutta keskimäärin se on 400 kW. Dieselgeneraattoreita on Lapin keskussairaalasta neljä kappaletta, niistä kaksi suurinta ovat rinnan käyttöisiä, teholtaan 330 kVA:n suuruisia, ja näin ollen toimivat pääsääntöisinä varavoiman tuottajina. Kuvassa 4 on valokuva kyseisistä dieselgeneraattoreista. Tilassa on varaus kolmanteenkin dieselgeneraattoriin, jotta tulevaisuudessa vaaditun tehon tuottaminen on mahdollista. Verkkokatkoksen satuessa nämä generaattorit tahdistuvat ensimmäiseksi keskenään, jonka jälkeen ottavat varavoimaverkon kuorman peräänsä. Nämä tuottavat päärakennuksen varavoimakeskuksiin sähkön, muut dieselgeneraattorit sijaitsevat muualla kiinteistössä.

Varavoimaverkko, joka koostuu alle 15 sekunnin katkon omaavista dieselgeneraattoreista, on rakenteeltaan monimutkaisempi normaaliin sähköverkkoon nähden, jonka pääjakelu on toteutettu suurivirtajärjestelmällä pääkeskusten välillä. Liitteessä 4 on havainnekuviokuva varavoimaverkon rakenteesta.

Dieselgeneraattorit testataan kuukausittaisilla koekäytöillä. Koekäytössä dieselgeneraattorit tahdistuvat yksitellen valtakunnanverkkoon ja toimivat näin rinnan

valtakunnanverkon kanssa. Koekäyttö sisältää laitetoimittajan toimittaman koekäyttöpöytäkirjan, joka täytetään asianmukaisesti. Esimerkki koekäyttöpöytäkirjasta on liitteissä 2 ja 3. SFS-standardi vaatii myös kuormituskokeen vuoden välein. Kuormituskoe on pituudeltaan 60 minuuttia ja kaikissa tapauksissa on käytettävä 50 – 100% polttomoottorin mitoitustehosta (SFS 6000-710:2017, 108).

Kuvassa 4 on kaksi kappaletta 330 kVA:n dieselgeneraattoria. Kyseiset dieselgeneraattorit sähkökatkon sattuessa tahdistuvat ensin rinnakkain tuplatakseen tehon, ennen kuin ottavat varavoimaverkon kuorman syötettäväksi.

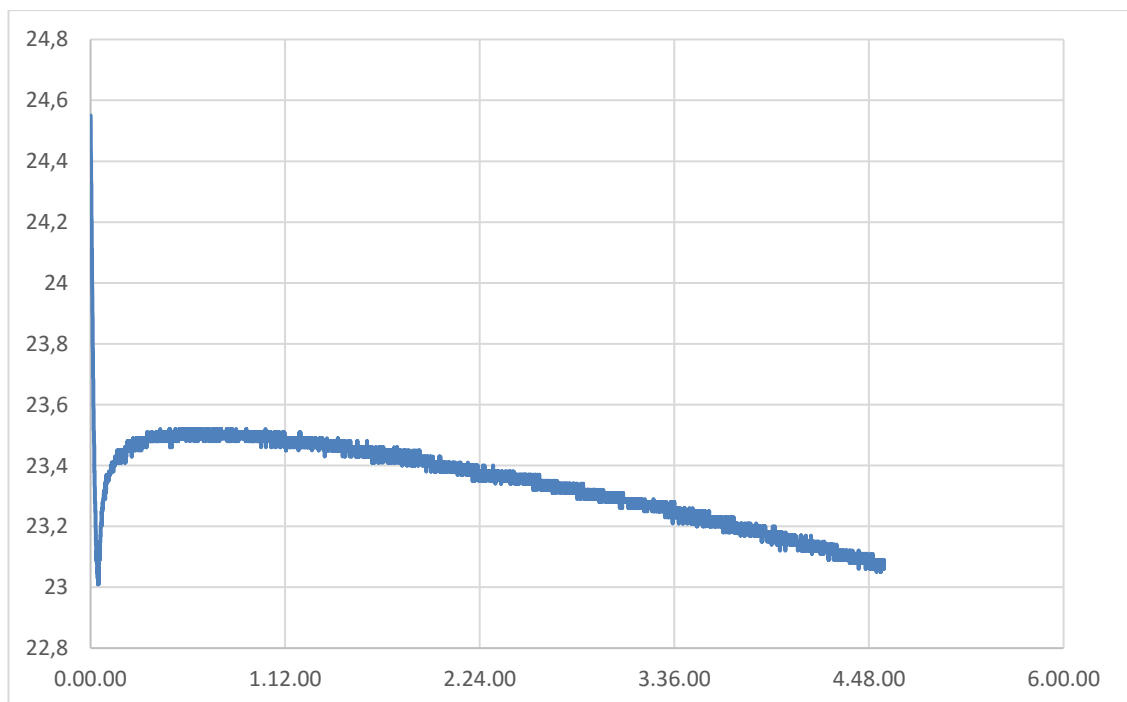


Kuva 4. Lapin keskussairaalan kaksi suurinta dieselgeneraattoria.

Toisena järjestelmänä on alle 0,5 sekunnin syötön turvaama erikoisvaravoima, joka on toteutettu kahden voltin avoimilla lyijyakuilla. Akkuja on sarjassa aina 12 kappaletta, jolloin saadaan 24 V:n tasajännite. Sarjaan kytkettyjä akkuryhmiä voi-

daan laittaa rinnakkain, jolloin kokonaisvaraukset saadaan suuremmiksi. Akkuryhmien kokonaisvaraukset vaihtelevat 350 Ah:n ja 600 Ah:n välillä. Erikoisvaravoimatoteutuksia on käytössä vielä muutamia kappaleita. Erikoisvaravoiman käyttökohteita ovat leikkaussalit, toimenpidesalit, tehohoidot ja eri toimenpidehuoneet, kuormina ovat toimenpide- ja tutkimusvalaisimet. Rakennusvaiheessa on mitoitus perustunut suuritehoisiin halogeenilamppuihin, kun taas nykyisin on käytössä paljon pienempitehoiset LED-valaisimet. Erikoisvaravoima on rakennettu automaattisilla verkonvaihtokontaktoreilla, ja verkonvaihtokontaktori aiheuttaa alle puolen sekunnin katkon. Kunnossapitotarkastukset tulee tehdä yhteistyössä lääkintähenkilökunnan kanssa riskien minimoimisen vuoksi. SFS-standardi vaatii kuormituskokeen akustoista syötetyille varavoimajärjestelmille kolmen vuoden välein tai valmistajan ohjeiden mukaan (SFS 6000-710:2017, 108). Kuormituskokeessa akuston kapasiteettia puretaan vähintään 50%, purkamisen tapahtuu yleensä keinokuorman avulla. Akkujärjestelmät tarvitsevat myös kunnossapitoa, akkujen nesteitä tarkkaillaan ja akkujännitteitä mitataan, pöytäkirja-esimerkki liitteessä 4.

Kuviossa 5 on esimerkki kuormituskokeen jännitekäyrästä, jossa Y- akselissa on akuston jännite ja X- akselissa purkaus aika. Purkausvirta testissä oli 50 A ja akuston kapasiteetti 490 Ah. Akuston purettu kapasiteetti 50% eli 245 Ah.



Kuvio 5. Erikoisvaravoima-akuston kuormituskoe.



Kuvassa 5 on yhden erikoisvaravoiman nousukeskuksen akkuryhmä. Kuvasta nähdään se, että akut ovat sarjaan kytkettynä, jolloin saadaan haluttu 24 V:n jännite.



Kuva 5. Erikoisvaravoiman akkuryhmä.

UPS-järjestelmät ovat yleistymässä niiden helppokäyttöisyyden ja hintojen laskun vuoksi. UPS-järjestelmät tuottavat varmennetun sähkönsyötön katkeamattomana. Lapin keskussairaalassa on käytössä useita UPS-keskuksia. UPS-keskukset turvaavat katkeamattoman sähkönsyötön konesaleihin, uusimpiin leikkaussaleihin, synnytyssalien toimenpidevalaisimiin, teho-osaston monitoreihin ja valaistuksiin ja lisäksi sydänpajan kuvantamiskoneen toiminnan. Pienempiä UPS-laitteita on eri käyttökohteissa, joissa turvataan tietoliikenneverkon ja tärkeimpien tietokonepäätteiden toiminta. UPS-laitteet valvovat itse omaa toimintakykyään ja hälytykset voidaan ohjata muun muassa kiinteistövalvontaan. UPS-laitteet sisältävät huomattavan määrän akkuja, niitä tulee valvoa, jotta ne ovat käyttökelpoisia, eivätkä ole esimerkiksi ikääntyneet toimintakyvyttömiksi. Akut tulee vaihtaa akkuvalmistajan määräajan kuluessa.

Kuvassa 6 ryhmäkeskuksessa keskusosat ovat eroteltu väreillä. Harmaa on normaali-, sininen varavoima- ja punainen erikoisvaravoimaverkko.



Kuva 6. Ryhmäkeskus Lapin keskussairaalassa.

#### 4.2 Käyttöön jäävä osa

Uuden varavoiman valmistuessa käyttöön, tulee ratkaista, mitä vanhoja järjestelmiä se korvaa vai toteutetaanko varmennettu sähkönsyöttö monella eri järjestelmällä.

Sairaalaympäristössä vaadittavaa toimintavarmuutta lisää se, että osa näistä varavoimajärjestelmistä yhdistettäisiin. Uuden varavoimaratkaisun valinta vaikuttaa vanhan varavoimaverkon mahdollisiin toteutusmuutoksiin. Jos varavoimaverkko on katkotonta, alle 15 sekunnin ja 0,5 sekunnin katkon omaava ja katkoton varavoimaverkko voitaisiin toteuttaa yhdellä varavoimajärjestelmällä, joka selkeyttäisi sisäistä varmennettua sähköverkkoa. Yhdistäminen poistaisi pienten UPS-laitteiden tarpeen, jotka vaativat suuren määrän kunnossapitoa.

Henkeä ylläpitävät laitteet tulee eriyttää suuresta kokonaisuudesta, eikä lääkintälaitteita ole tarpeellista yhdistää varavoimaverkon muutoksiin. Lääkintälaitteet omaavat oman akustonsa poikkeustilanteiden varalta, ne valvovat itseään ja ne

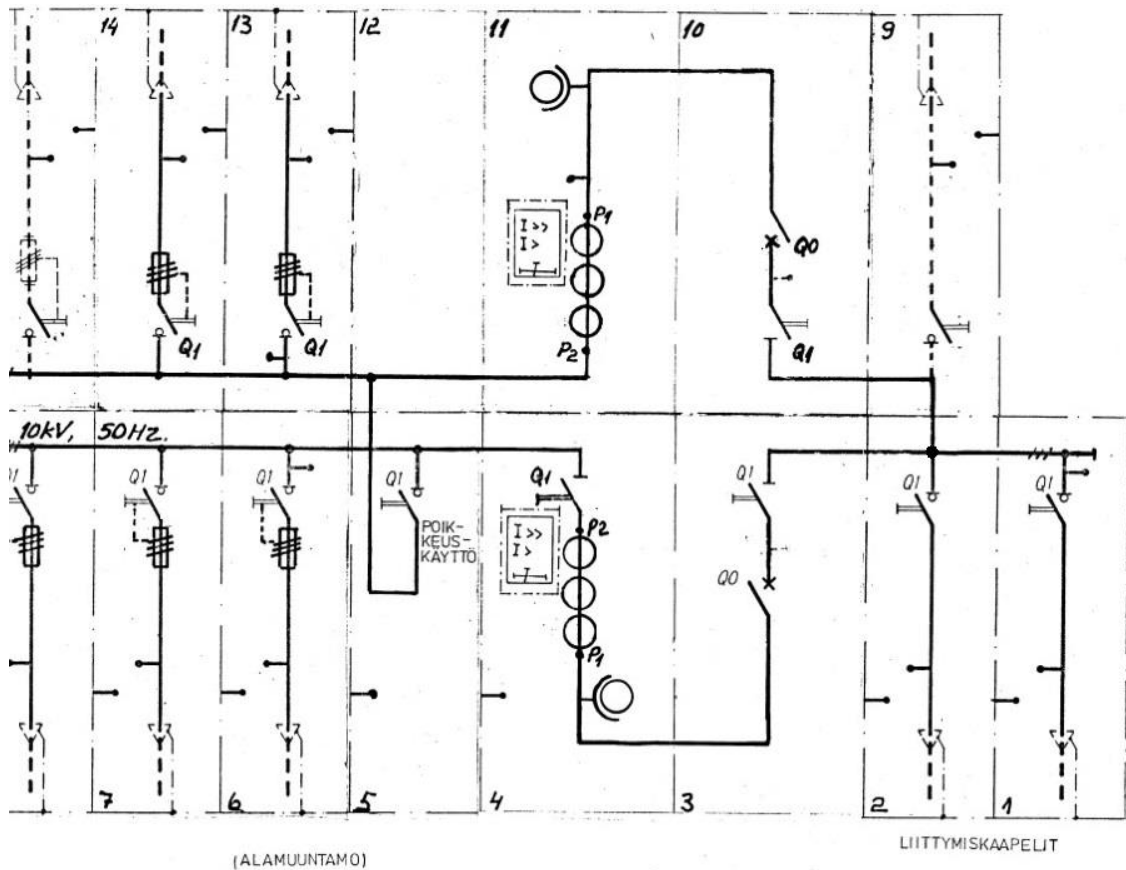
huolletaan säännöllisesti lääkintälaitesäännösten mukaisesti. Laitteet lataavat omia akkujaan varavoimaverkosta, akkujen varaustason ylläpitämiseksi poikkeustilanteissakin.

## 5 UUDEN VARAVOIMALAITOKSEN LIITTÄMINEN NYKYISEEN JÄRJESTELMÄÄN

### 5.1 Sairaalan sähkönsyöttö ja varavoimaratkaisu

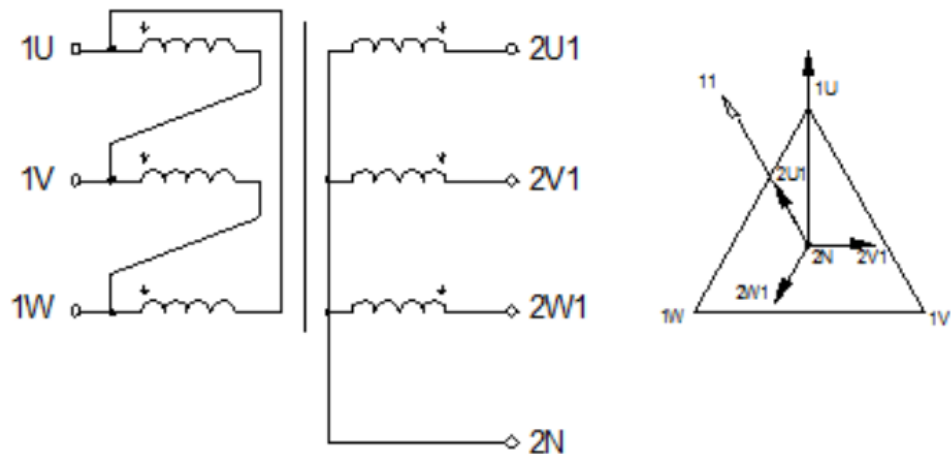
Lapin keskussairaalan sähkönsyöttö on toteutettu 10 kV:n keskijännitteellä. Rovaniemen kaupungin alueella on käytössä 10 kV:n keskijänniteporras, kun taas vanhan Rovaniemen maalaiskunnan alueella on käytössä 20 kV. Muuntamoon tulee kaksi 10kV/630A sähkönsyöttöä, joista vain toinen on käytössä. Toinen otetaan käyttöön poikkeustilanteessa pelkästään energiayhtiön käskystä tietyin toimenpitein. Kolmannelle on myös varaus, jota tullaan todennäköisesti käyttämään rengasverkon toteutuksessa, laajennushankkeen yhteydessä. Syötöt tulevat kahdesta eri muuntopiiristä, jotka tuovat varmuutta sairaalan sähkönsyöttöön poikkeustilanteen sattuessa.

Kuviossa 6 on Lapin keskussairaalan pääkaaviosta osa, jossa näkyy liittymiskaapelit ja muuntajien lähdöt. Keskijännitekojeistossa on kaksi kiskostoa, joissa kummassakin on omat suojalaitteet ja katkaisijat. Kiskot pystytään poikkeustilanteessa yhdistämään kiskoerottimella, joka näkyy kuviossa 6 ”poikkeuskäyttö”, jolloin toisia suojalaitteita voidaan huoltaa tai testata tarvittaessa. Kiskot sisältävät asianmukaiset työmaadoituspisteet turvallisen työskentelyn turvaamiseksi. Toisesta kiskostosta on lähdöt kahteen höyrykeskuksen muuntajaan ja varaus kolmanteen muuntajaan. Toiselta puolen lähtee kolmeen eri muuntajaan lähdöt, joista yksi menee alamuuntamoon, joka sijaitsee toisella puolen rakennusta. Kolmen muuntajan toisiopuolen lähdöt on jaoteltu kolmeen eri sähköpääkeskukseen. Muuntajalähdöissä suojauksena on varokekuormaerottimet sulakelaukaisuilla. Keskijännitekojeiston elinkaari päättyy jossain vaiheessa, jolloin koko kojeiston uusinta tulee ajankohtaiseksi, mutta pelkästään suojarleiden vaihdolla saadaan jonkin verran lisää aikaa.



Kuvio 6. Lapin keskussairaalan suurjännitetelekojeisto.

Lapin keskussairaalan käytössä olevat muuntajat ovat kytkennältään Dyn11. Kytken tunnus kertoo sen, minkälainen muuntajan kytkentä on. Tunnuslukuja ja kirjainsymboleja käyttäen voidaan muuntajan kytkentä ilmoittaa lyhyesti ja yksiselitteisesti (ABB 2000, 2). Muuntajan ensiöpuoli on kolmiokytkennässä ja toisio- puoli tähtikytkennässä. Kuviossa 7 on selventävä kuvio käämityksen kytkennästä ja vektoreiden suunnista. Toisio- puolen tähtikytkennässä on luotu nollapiste. Kytken numerotunnus 11 kertoo vektoriryhmän, jossa 11 tarkoittaa toisiojännitteen ja ensiöjännitteen  $30^\circ$  vaihe-eron.

**Dyn11**

Kuvio 7. Dyn11 kytkentä. (Enhald 2018)

**5.2 Liityntävaihtoehdot**

Sairaalan toimintavarmuuden kannalta parhain vaihtoehto olisi valita sellainen järjestelmä, joka kattaisi useamman varmennetun sähkönsyötön. Tämä toisi lisää varmuutta sairaalan varavoimiin, ja näin ollen päällekkäisiä pieniä kokonaisuuksia ei olisi. Varavoimajärjestelmiksi jää vaihtoehdoiksi sellaiset järjestelmät, jotka luokitellaan katkottomiksi varavoimiksi. Hankintavaiheessa katkeamaton varavoimajärjestelmä on yleensä normaalia varavoimajärjestelmää kalliimpi vaihtoehto.

Lapin keskussairaalan käytännöllisiä varavoiman liittymisvaihtoehtoja ovat:

1. Vanhan sairaalaosan varavoima järjestelmät pidetään ennallaan, eikä liitetä laajennuksen uuteen varavoimaan.
2. Laajennuksen dieselgeneraattoreilta tuodaan varayhteys vanhan sairaalan varavoimaverkkoon. Vanhan sairaalan erikoisvaravoima- ja UPS-järjestelmät jätetään entiselleen.
3. Laajennuksen dieselgeneraattorit liitetään nykyisen vanhan sairaalan varavoimaverkkoon. Nykyiset vanhan sairaalan dieselgeneraattorit jätetään varalle tai poistetaan.

4. Laajennuksen katkoton varavoimajärjestelmä liitetään vanhan sairaalaosan varavoimaverkkoon, jolloin vanhan sairaalan suuret erikoisvaravoima- ja UPS-järjestelmien kuormat liitetään vanhan osan varavoimaverkkoon.
5. Laajennuksen katkoton varavoimajärjestelmä liitetään vanhan sairaalaosan varavoimaverkkoon. Vanhat sairaalan suuret erikoisvaravoima- ja UPS-järjestelmät jätetään entiselleen, mutta ladataan varavoimaverkolla.

Varavoimatuotannon ratkaisun tekeminen ei sisälly opinnäytetyön aiheeseen, sillä ratkaisut tehdään sairaalan laajennuksen työryhmissä. Valinta vaikuttaa vanhan sairaalaosan varavoimaverkon toteutuksen muutosmahdollisuuksiin ja sen liitännäisiin.

### 5.3 Toteutusjärjestelyt

Sairaalan laajennuksen uuden varavoiman liittäminen vaatii laajaa suunnittelua. Suunnittelu tapahtuu monen ammattilaisen yhteistyössä ja se tapahtuu laajennushankkeen valitsemissa suunnittelutoimistoissa.

Sairaalaympäristössä uuden varavoimajärjestelmän liittäminen on hankalaa. Liittäminen tulee tapahtua mahdollisimman pienillä häiriöillä sairaalan turvallisen toimimisen kannalta. Uusi varavoima voidaan liittää vanhaan järjestelmään vasta silloin, kun rakentamisessa ollaan edetty siihen pisteeseen, että uuden varavoiman käyttöönotto on turvallista. Vanhan sairaalan varavoimaverkko tulisi olla käytössä luotettavasti ja katkottomasti koko ajan. Pieniä katkoksia voi esiintyä, mutta turhia katkoksia tulee välttää mahdollisimman pitkälle ja niistä tulee tietää ennakoon hyvissä ajoin. Tiedottaminen katkoksista on välttämätöntä, tällöin katkoksiin voidaan varautua toimenpitein sairaalan toimimisen turvaamiseksi.

Uusi varavoimajärjestelmä tullaan uusimpien suunnitelmien mukaan sijoittamaan rakennuksen ulkopuolella sijaitseviin varavoimakontteihin. Kontit sisältävät katkottoman varavoiman, muuntajat, keskijännitekojeistot, keskukset, automatiikan ja suojaukset. Vanhan sairaalan osan varavoimakeskukseen liitetään uudesta varavoimasta lähtö, joka tapahtuu maakaapeloinnilla suurivirtajärjestelmällä ja se

asennetaan kaivantoon standardien vaatimien suojauksien mukaisesti. Uusi varavoimakontin tuleva kaapeli yhdistetään PK1:seen, nykyisestä LKVV syöttävästä lähdöstä. Kontista lähtevä kaapeli tuodaan suoraan sähköpääkeskuksessa sijaitsevaan LKVV-VVK-PKVV liitäntä pisteeseen, joka korvaa nykyisen LKVV lähtevän syötön. Syötöt kytketään keskuksiin tarvittavilla katkaisijoilla ja erottimilla.

Kuvassa 7 lähtee keskus VVK syöttö pihalla sijaitsevaan katujakokaappiin. Katujakokaappiin on nykyaikaisessa tilanteessa mahdollista liittää varavoimakontti, jolloin nykyiset dieselgeneraattorit voidaan turvallisesti huoltaa varavoimaverkon säilyessä. Katujakokaappi on hyvä säilyttää tulevaisuudessakin varalla uuden varavoimajärjestelmän liittyttyäkin. Liitteessä 4 on selventävä kuva verkon rakenteesta.



Kuva 7. VVK keskus Lapin keskussairaalassa. Rakennettu varaus varavoimakonttia varten.



Ennen kuin uusi varavoimajärjestelmä liitetään nykyiseen varavoimajärjestelmään, vaatii liitettä muutostöitä nykyisessä varavoimaverkossa. Mikäli nykyiset dieselgeneraattorit puretaan laajennuksen muutoksien yhteydessä tai tulevaisuudessa, yhteys VVK ja PKVV keskuksista LKVV keskukseseen tulee poistaa ja viedä samasta pisteestä uuteen varavoimajärjestelmään. Tällä hetkellä se risteää LKVV keskuksen kautta. Varavoiman sähkönsyöttö tapahtuu uuden varavoimajärjestelmän kautta, PK1 normaalin sähkönsyötön katketessa. Muutosta suunniteltaessa tulee tarkoin mitoitaa ja tarkastaa suojausten toiminta, sekä tarkastaa keskuksien virrankestoisuus. (Liite 5)

Varavoimakoneiden polttoaineena tarvitaan dieseliä. Polttoaineen määrän mitoitukset on ennen ollut paljon suurempi kuin nykyään vaaditaan. Vanhan varavoimajärjestelmän polttoainevarastoina on käytetty kolmea kappaletta 25 000 litran säiliöitä, jotka on upotettu maahan vierekkäin lähelle toisiaan. Varastoissa oleva polttoaineen määrä palvelisi nykyisiä dieselgeneraattoreita kuukauden tai jopa pitempään. SFS 6000-standardissa vaaditaan, että tehonlähteen on kyettävä syöttämään kuormaa vähintään 24 tunnin ajan. Kolme näin suurta polttoainesäiliötä on hyvä hyväksikäyttää tulevassa varavoimaratkaisussa, jos dieselgeneraattorin tyyppisiin ratkaisuihin päädytään. Polttoainesäiliöitä liitettäessä uuteen järjestelmään, joudutaan syöttölinjastoa muokkaamaan. Polttoaineen kanssa työskennellessä muutoksista tulee tehdä tarkat ja turvalliset suunnitelmat.

## 6 POHDINTA

Opinnäytetyön tekeminen Lapin keskussairaalalle toi syvällisempää tietoutta varavoimajärjestelmien tärkeydestä ja rakenteesta. Lapin keskussairaalan sähkönsyöttöön on varauduttu jo keskijänniteverkosta lähtien poikkeustilanteissa sairaalan normaalin toiminnan ylläpitämiseksi. Aihe toi esille erilaiset järjestelmät ja niiden merkityksen, järjestelmien tarkoituksen sekä standardien vaatimukset sairaalolosuhteissa. Sain nykyisestä sairaalan varavoimajärjestelmien rakenteesta ja sen toimintaperiaatteesta selkeämmän ja syvällisemmän kuvan, sekä jo olemassa olevat tietoni vahvistuivat opinnäytetyötä tehdessäni.

Sairaalan laajennuksen varavoima jäi työssäni vähäisemmälle huomiolle, sillä oma osuuteni sen suunnittelussa oli vähäinen. Sairaalan laajennuksen suunnittelija hyödynsi suunnittelun alussa henkilökunnan osaamista ja sain olla tässä työssä mukana. Laajennuksen ja sen kokonaisuuden suunnittelu ei valmistunut opinnäytetyöni tekoaikana. Nykyisen varavoiman kohtalo on vielä tässä vaiheessa epäselvä, jääkö se käyttöön yksistään vai liitetäänkö se osaksi uutta kokonaisuutta.

Halusin opinnäytetyöni tuovan jotain konkreettista nykyiseen työhöni. Nykyisen työnkuvani kannalta opinnäytetyöstä on erityisesti hyötyä siihen, että voin hyödyntää lisäosaamistani sairaalan varavoimajärjestelmiin liittyvissä muutoksissa ja eteen tulevilla haasteilla. Erityisesti osaamiseni lisääntyi siinä, kuinka sairaalan potilasturvallisuus toteutetaan muutoksissa. Tulevaisuudessa sähkövoimainsinöörinä työskennellessä varavoimaan liittyvä osaaminen luo hyvät olosuhteet hyödyntää opittua isojen kiinteistöjen ja erityisesti sairaaloiden varavoimajärjestelmiin liittyen.

## LÄHTEET

ABB TTT-käsikirja 2000. Viitattu 19.2.2019.

Agcopower 2019. Dieselgeneraattori. Viitattu 19.3.2019. <https://www.agcopower.com/fi/tuotteet/voima-tuotanto/dieselgeneraattorit>

Arkkitehtuurikilpailu käyntiin Lapin keskussairaalan laajennuksen suunnittelusta 2014. Viitattu 24.3.2019 [http://lshp.fi/fi-FI/Arkkitehtuurikilpailu\\_kayntiin\\_Lapin\\_kes\(8446\)](http://lshp.fi/fi-FI/Arkkitehtuurikilpailu_kayntiin_Lapin_kes(8446))

Eaton 2018a. About us. Viitattu 20.2.2019 [powerquality.eaton.com/Suomi/about-us/news-events/2018/FI-pr170818.asp](http://powerquality.eaton.com/Suomi/about-us/news-events/2018/FI-pr170818.asp)

Eaton 2018b. Eaton UPSG demopäivät 26.11.2018.

Enhald 2018. Transforme's connections. Viitattu 30.3.2019 <https://en.el-hand.pl/transformers-connections>

HeliFlite. n.d. Lapin keskussairaalan ilmakekuva. <http://www.heliflite.fi/>

Hitachi-Hirel 2019. Diesel Rotary UPS (DRUPS). Viitattu 20.2.2019 <http://www.hitachi-hirel.com/products/ups/diesel-rotary-ups>

ITU 2022-Laajennushanke 2015. Viitattu 24.3.2019 [http://www.lshp.fi/fi-FI/Sairaanhoitopiiri/ITU\\_2022Laajennushanke](http://www.lshp.fi/fi-FI/Sairaanhoitopiiri/ITU_2022Laajennushanke)

Jauhiainen, J. 2016. Varavoimaa sairaalassa. Blogi. Viitattu 12.2.2019 [https://www.tays.fi/fi-FI/Sairaanhoitopiiri/Organisaatio/Palvelukeskus/Toimitilat/Blogi/Varavoimaa\\_sairaalassa\(55095\)](https://www.tays.fi/fi-FI/Sairaanhoitopiiri/Organisaatio/Palvelukeskus/Toimitilat/Blogi/Varavoimaa_sairaalassa(55095))

Joki, J. 2014. Lapin keskussairaalan laajennus ja muutostyö. Tampereen teknillinen yliopisto. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Insinöörityö.

KW-set 2019. DRUPS-laitteistot. Viitattu 19.2.2019 [www.kwset.fi/fi/varavoimalaitteet/drups-laitteistot](http://www.kwset.fi/fi/varavoimalaitteet/drups-laitteistot)

Källi, S. 2012. Varavoimajärjestelmän suunnitteluohje. Metropolia ammattikorkeakoulu. Arkkitehtuurin koulutusohjelma. Diplomityö.

LSHP 2019. Lapin sairaanhoitopiiri. Viitattu 17.4.2019 [www.lshp.fi/fi-FI/sairaanhoitopiiri](http://www.lshp.fi/fi-FI/sairaanhoitopiiri)

Rautiainen, S. 2019. Lapin sairaanhoitopiirin kuntayhtymä. Sähkötöiden- ja käytönjohtajan haastattelu. 20.3.2019.

Ränkman, S. 2008. Sairaalakohteiden mallidokumentit. Tampereen ammattikorkeakoulu. Talotekniikka. Opinnäytetyö.

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

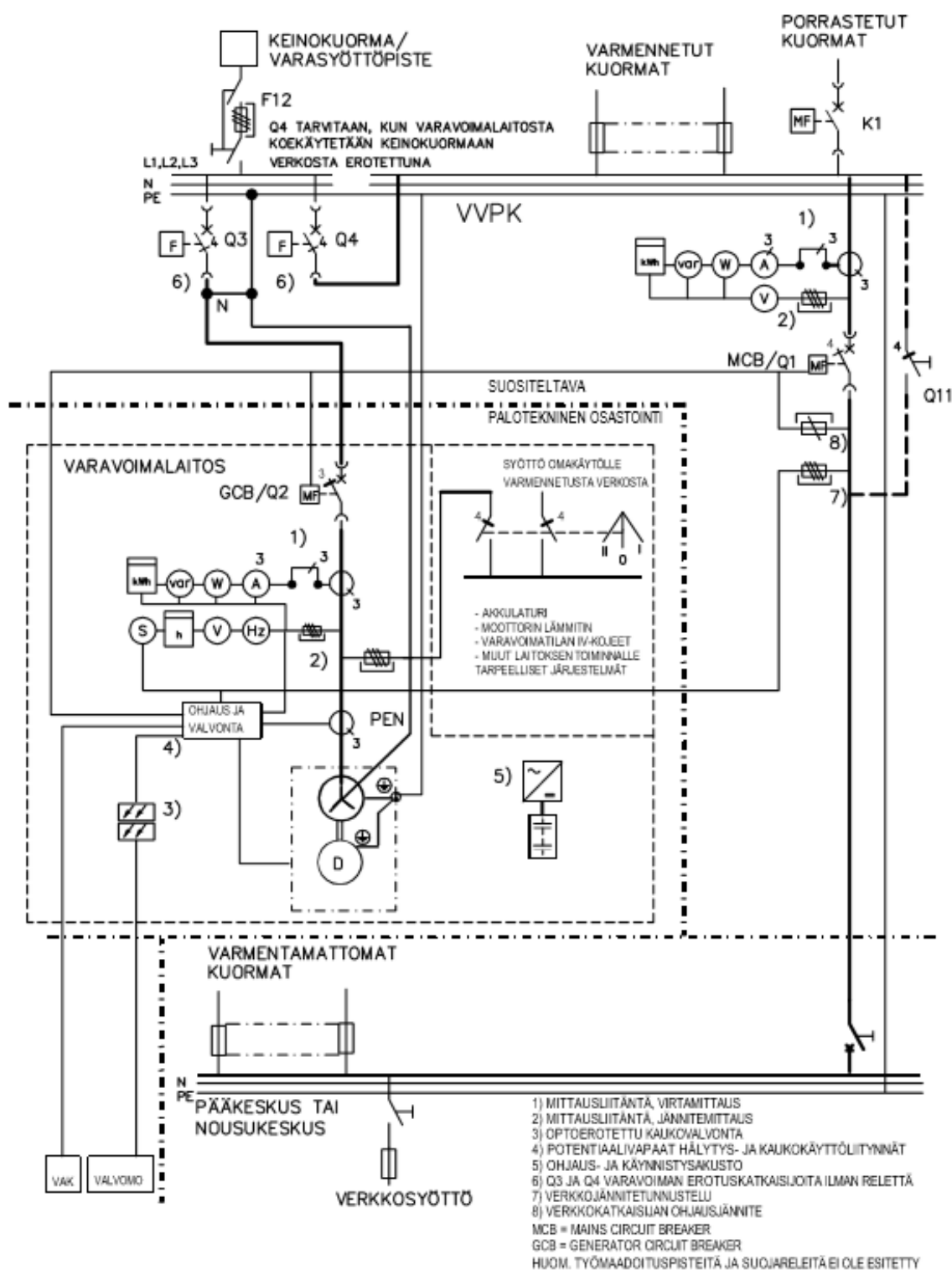
ST-Käsikirja 20 2005. Varmennetut sähkönjakelujärjestelmät. Espoo: Sähkö-  
tieto ry.

ST-Käsikirja 3 2019. Varavoimakoneet ja -laitokset. Espoo: Sähkötieto ry.

.

## LIITTEET

- Liite 1. Varavoimaverkon pääkaavio. (ST-käsikirja 31, 39.)
- Liite 2. Dieselgeneraattorin koekäyttöpöytä- ja koekäyttöpäiväkirja, SisuDiesel.
- Liite 3. Akkupäiväkirja
- Liite 4. Varavoimaverkon pääpiirikaavio nykytilanne, pääpiirtein
- Liite 5. Varavoimaverkon pääpiirikaavio muutoksineen, LKVV purku.





## KOEKÄYTTÖPÖYTÄKIRJA

Rek.nro

Viite nro \_\_\_\_\_

Pvm \_\_\_\_\_

Allekirjoitus \_\_\_\_\_

1. TILA ENNEN KÄYNNISTYSTÄ  
määräaikaishuollot / tarkastukset tehty  
huoneen lämpötila  
esilämmityslämpötila  
akuston kunto  
akuston latausjännite  
polttonesteen pinta  
voiteluöljyn pinta  
jäähdytysnesteen pinta
2. KÄYNNISTYMINEN paina TEST / KOE  
käynnistyminen  
tahdistuminen  
kuormanotto
3. KÄYNTI  
taajuuden ja jänn. säätäjien toiminta  
mittarilukemat  
ääni / värinä  
pakokaasun väri  
vuodot  
akuston latausjännite  
palamisilman suodattimen kunto  
autom. polttoneesten pumppaus  
dieselin / konehuoneen jäähdytys  
pakoputkisto
4. PYSÄHTYMINEN paina AUTOM.  
takaisinkytkentäaika  
jäykkäkäyntiaika  
pysähtyminen
5. JÄÄMINEN VALMIUSTILAAN  
polttonesteen pinta  
voiteluöljyn pinta  
moottoripeltien asennot  
valintakytkimien asennot
6. MUUTA

Täyttää Vaatimuksen	Ei täytä vaa- timusta	Lisätietoja

## MITTARILUKEMAT

1. GENERAATTORI  
taajuus Hz  
jännite V  
virta A L1  
L2  
L3  
teho kW
2. DIESEL  
jäähdytysneste °C  
öljyn paine bar
3. AKUSTO  
jännite V
4. MUUT  
käyntitunnit  
käynnistyskerrat

	Alussa		Lopussa	
	G 1	G 2	G1	G 2

	Käyttötunnit	
	G 1	G 2
Lopussa		
Alussa		
Käyttö		





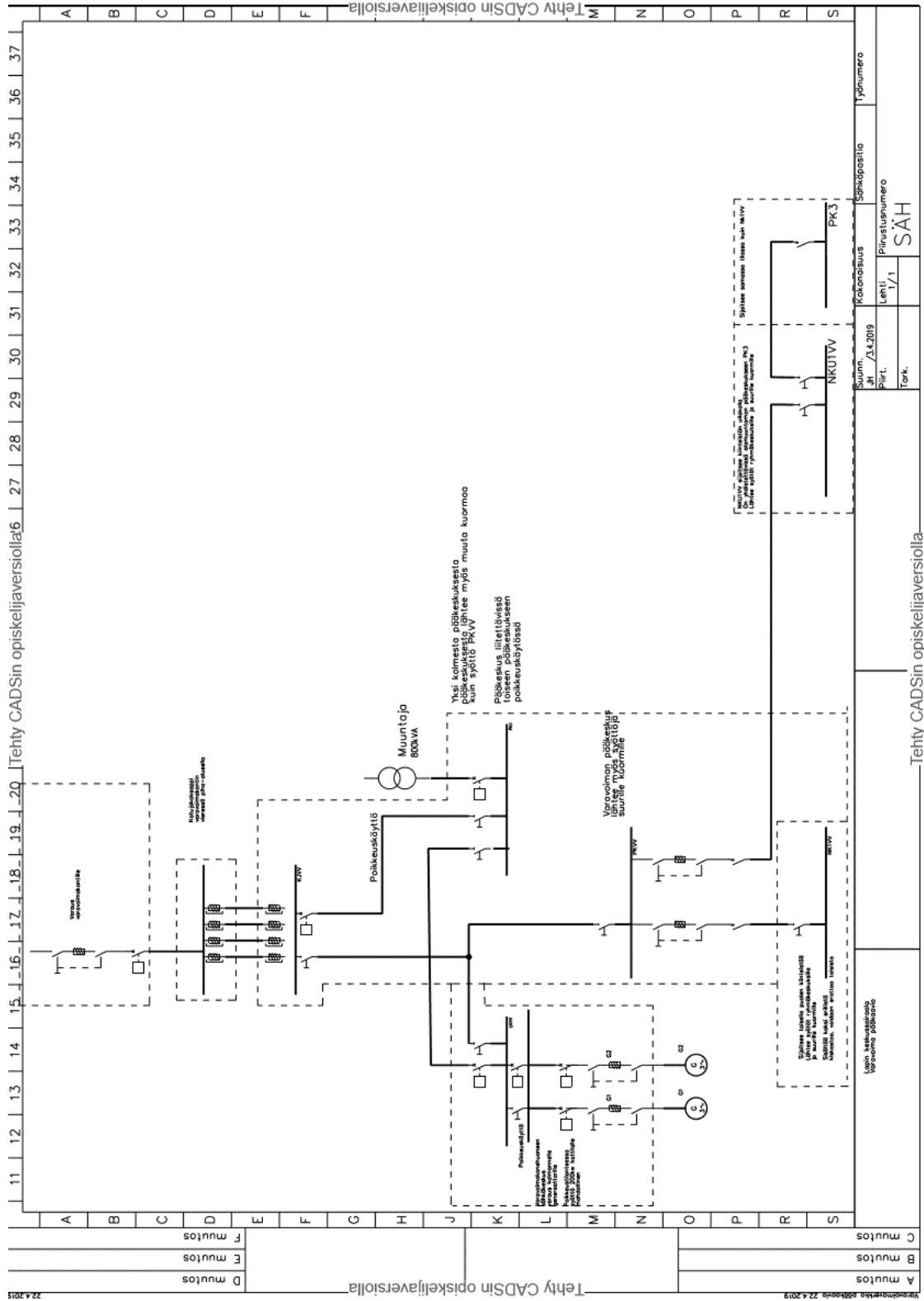
## Akkupäiväkirja (kaikki kennot)-merkinnät kerran kuukaudessa

Lukemat otettu ..... 19.....			Lukemat otettu ..... 19.....			Lukemat otettu ..... 19.....			Lukemat otettu ..... 19.....		
Otti .....			Otti .....			Otti .....			Otti .....		
Kenno N:o	Jännite	Ominais-paino	Kenno N:o	Jännite	Ominais-paino	Kenno N:o	Jännite	Ominais-paino	Kenno N:o	Jännite	Ominais-paino
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											
25											
26											
27											
28											
29											
30											
31											
32											
33											
34											
35											
36											
37											
38											
39											
40											
Lämp. ....°C kennossa n:o .....			Lämp. ....°C kennossa n:o .....			Lämp. ....°C kennossa n:o .....			Lämp. ....°C kennossa n:o .....		

Akkuteollisuuden huoltotarkastaja kävi viimeksi .....

Huomautuksia .....

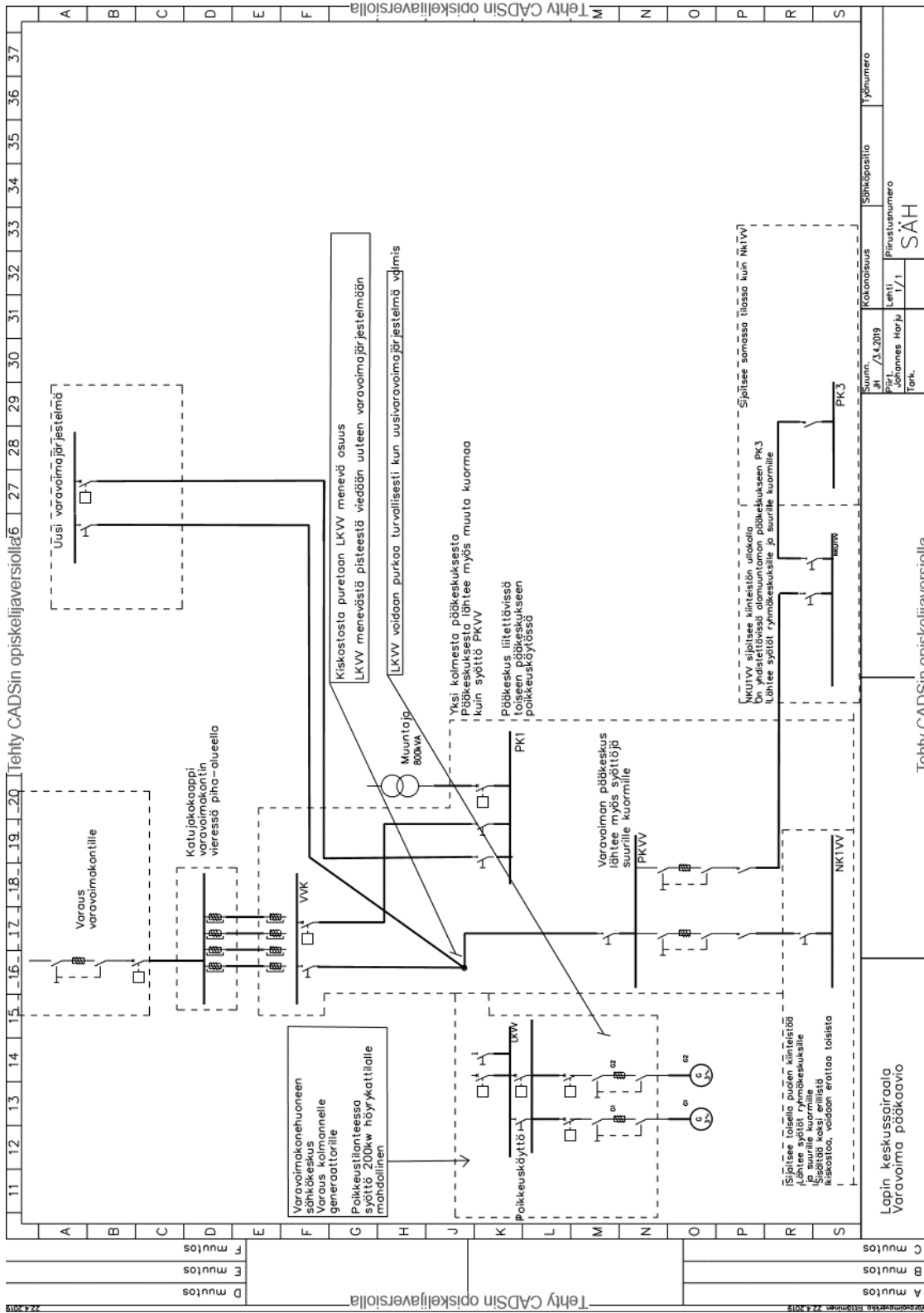
Nimi .....



22.4.2019  
 A muutokset  
 B muutokset  
 C muutokset  
 D muutokset  
 E muutokset  
 F muutokset  
 Tehty CADSin opiskelijaversiolla

Tehty CADSin opiskelijaversiolla

Summa	Kokonaissumma	Sigridpostin	Työnumero
14.4.2019	1/1	PK3	
PK3	PK3	PK3	
SÄH			



22.4.2019 Tehty CADSin opiskelijaversiolla

D muutos  
 E muutos  
 F muutos

A muutos  
 B muutos  
 C muutos