



# **KATKEAMATON VARAVOIMA- JÄRJESTELMÄ**

Matias Ruotsalainen

Opinnäytetyö  
Huhtikuu 2015  
Sähkötekniikka  
Sähkövoimatekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Sähkötekniikka  
Sähkövoimatekniikka

RUOTSALAINEN, MATIAS:  
Katkeamaton varavoimajärjestelmä

Opinnäytetyö 54 sivua, joista liitteitä 8 sivua  
Huhtikuu 2015

---

Tämän opinnäytetyön aiheena oli täysin katkeamaton varavoimajärjestelmä, joka koostuu dieselgeneraattorista sekä sähköisestä UPS-laitteesta. Järjestelmä syöttää generaattorivarmennettua verkkoa sekä UPS-varmennettua, katkotonta verkkoa. Järjestelmä rakennetaan pieneen merikonttiin. Opinnäytetyössä pohdittiin lisäksi järjestelmän tarvetta ja potentiaalisia käyttökohteita sekä käsiteltiin jo olemassa olevia järjestelmiä. Työ koostui mitoituksesta, sähkösuunnittelusta, komponenttien valinnasta sekä kokoonpanon ja testauksen suunnittelusta. Tämän lisäksi työhön sisältyi elinkaarikustannusten laskentaa sekä takaisinmaksulaskelma esimerkkikohteelle. Opinnäytetyö tehtiin JIS-Automation Oy:lle.

Työn tuloksena syntyivät valmiit sähkösuunnitelmat varavoimalaitteistosta. Sähkösuunnitelmien lisäksi saatiin kattavasti tietoa varavoimalaitteistojen tarpeellisuudesta, käyttökohteista ja hyödyistä.

Ilmastonmuutos näkyy myös Suomessa sään ääri-ilmiöiden voimistumisena, joten varavoimalaitteistojen tarve kasvaa jatkuvasti. Lisäksi maatilakokojen kiihtyvä kasvu vaikuttaa varavoimalaitteistojen kysyntään, sillä yleisesti käytössä olevat traktorigeneraattorit eivät enää ole tarpeeksi suuria nykyisten suurmaatilojen käyttöön.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Electrical Engineering  
Option of Electrical Power Engineering

**RUOTSALAINEN, MATIAS:**  
Uninterruptible Backup Power System

Bachelor's thesis 54 pages, appendices 8 pages  
April 2015

---

The purpose of the thesis was to design completely uninterrupted backup power system. The system consists of a diesel generator and an electronic UPS device. The system supplies generator secured grid and uninterrupted UPS secured grid. The system is built in a small cargo container. The aim was to also deal with need for the system and potential applications, as well as already existing systems. The work consists of electrical design, component selection and assembly design. In addition life-cycle costing- and repayment calculations were made for the example target. The thesis was made for JIS-Automation Ltd.

As a result of this thesis electrical schematics for backup power system were completed. In addition to the completed electrical schematics plenty of information about the needs, applications and usefulness of the backup power systems was received.

The climate change causes extreme weather events also in Finland, so the need of the backup power systems is going to grow all the time. In addition, the accelerating growth of farm sizes affects the demand for backup power equipment, as generally used tractor generators are no longer large enough to present large farms use.

---

Key words: backup power, generator, UPS, power failure

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	JÄRJESTELMÄN TARPEELLISUUS JA KÄYTTÖKOHTEET .....	8
2.1	Varavoiman tarpeellisuus Suomessa .....	8
2.2	Potentiaaliset käyttökohteet ja asiakkaat .....	11
2.2.1	Maatilat .....	11
2.2.2	Telekommunikaatio- ja datajärjestelmäyritykset .....	12
2.2.3	Muut mahdolliset käyttökohteet.....	13
3	OLEMASSA OLEVAT RATKAISUT .....	14
3.1	Dynaamiset UPS-laitteistot.....	14
3.2	Akkuperusteiset ratkaisut.....	15
3.3	Muut tekniikat.....	17
3.3.1	Traktorigeneraattori.....	17
3.3.2	Tuuli- ja aurinkovoimalat.....	18
3.3.3	DRUPS-järjestelmä.....	18
4	MITOITUS .....	19
4.1	Kohteen tehontarve .....	19
4.2	Suojattavien kohteiden yksilöinti.....	20
5	SÄHKÖSUUNNITTELU .....	21
5.1	Päävirtapiiri.....	21
5.2	Ohjausvirtapiiri .....	22
5.3	Komponenttien valinta.....	23
5.3.1	Generaattori.....	23
5.3.2	UPS .....	25
5.3.3	Akusto .....	29
5.3.4	Ohjauslaitteet.....	30
5.3.5	Katkaisijat ja jakelu.....	31
5.3.6	Kaapelit ja suojaus .....	32
5.3.7	Polttoainejärjestelmä.....	33
6	PAKKAUS JA KOKOONPANO .....	34
6.1	Tilaoptimointi .....	34
6.2	Lämmönhallinta .....	34
6.3	Turvallisuus .....	34
6.4	Kuljetus.....	35
6.5	Asennus.....	35
6.6	Kaapelointi.....	35
7	TESTAUS .....	36

7.1	Syötönvaihdot .....	36
7.2	Käynnistyminen ja viiveet .....	37
7.3	Sähkön laatu.....	38
7.4	Kuormitettavuus.....	38
8	TALOUDELLISUUSLASKENTA.....	39
8.1	Elinkaarikustannukset .....	39
8.1.1	Huollot .....	39
8.1.2	Akut.....	39
8.1.3	Polttoaine .....	39
8.1.4	Pääoma .....	40
8.2	Takaisinmaksulaskelma .....	41
9	POHDINTA.....	44
	LÄHTEET.....	45
	LIITTEET .....	47
	Liite 1. Sähkökuvat.....	47
	Liite 2. Generaattorin datalehti.....	54

**LYHENTEET JA TERMIT**

UPS	Uninterruptible Power Supply, katkeamaton varavoima
GenSet	Generator set, Dieselgeneraattoripaketti
ATS	Automatic Transfer Switch, automaattinen vaihtokytkin
Inertia	Kappaleen taipumus vastustaa liiketilan muutoksia
$P_{avg}$	Keskimääräinen teho
$P_{MAX}$	Huipputeho
PF	Tehokerroin
PJK	Pikajälleenkytkentä, sähköverkon automaattinen suojaustoiminto
AJK	Aikajälleenkytkentä, sähköverkon automaattinen suojaustoiminto
THF	Telephone harmonic factor, pääjännitteen särökerroin

## 1 JOHDANTO

Tässä työssä käsitellään sähköisen UPS-laitteen ja dieselgeneraattorin yhdessä muodostamaa varavoimajärjestelmää. Kyseinen järjestelmä suunnitellaan rakennettavaksi pienen konttiin, joka on helppo siirtää paikasta toiseen. Tarkoituksena on, että sähköinen UPS syöttää kuormaa niin kauan, että dieselgeneraattori ehtii käynnistyä ja saavuttaa toimintakykynsä. Näin saadaan aikaan täysin katkeamaton varavoimajärjestelmä. Työssä käsitellään myös yleisellä tasolla erilaisia varavoimajärjestelmiä, sekä niiden tarvetta ja käyttötarkoituksia.

Opinnäytetyö suoritettiin JIS-Automation Oy:lle, yhdessä JIS-Automation Oy:n yhteistyökumppanin Suomen Diesel Voima Oy:n kanssa. Haluan kiittää JIS-Automation Oy:n toimitusjohtajaa Jouni Isokiveä ja Suomen Diesel Voima Oy:n toimitusjohtajaa Tuomo Hammaria siitä että opinnäytetyöni oli mahdollinen.

JIS-Automation Oy on automaatio- ja sähköalan yritys jonka päätoimialat ovat keskusvalmistus, rakennusautomaatio sekä teollisuusautomaatio. Keskusvalmistus jakautuu koneautomaatioon, rakennusautomaatioon, kappaleenkäsittelyyn, kuljetinkäyttöihin ja RFID-tunnistukseen. Rakennusautomaatio pitää sisällään järjestelmien asennus-, kytkentä-, kaapelointi- ja käyttöönottopalvelut. Teollisuusautomaatioprojektit koostuvat suunnittelusta, asennuksesta, ohjelmoinnista ja käyttöönotosta. (JIS-Automation Oy 2015.)

Suomen Diesel Voima Oy on varavoimajärjestelmiä ja sprinkleri- ja palovesisovelluksiin soveltuvia diesel- ja sähkömoottoripumppuja toimittava yritys. Yrityksen toimialaan kuuluvat huoltopalvelut, tuoteratkaisut sekä asiantuntijapalvelut. Yritys huoltaa dieselkäyttöiset varavoimalaitokset ja pumput, merkistä riippumatta. Tuoteratkaisut pitävät sisällään varavoima- ja sprinkleri- ja palovesijärjestelmät aina suunnittelusta toteutukseen. Asiantuntijapalveluina yritys tarjoaa varavoiman mitoituspalvelut, modernisointitarpeiden kartoitukset, hankintaohjelmat, valvontapalvelut, sähkönlaatumittaukset ja muut raskaan sarjan osaamista edellyttävät palvelut. (Suomen Diesel Voima Oy 2015.)

## 2 JÄRJESTELMÄN TARPEELLISUUS JA KÄYTTÖKOHTEET

### 2.1 Varavoiman tarpeellisuus Suomessa

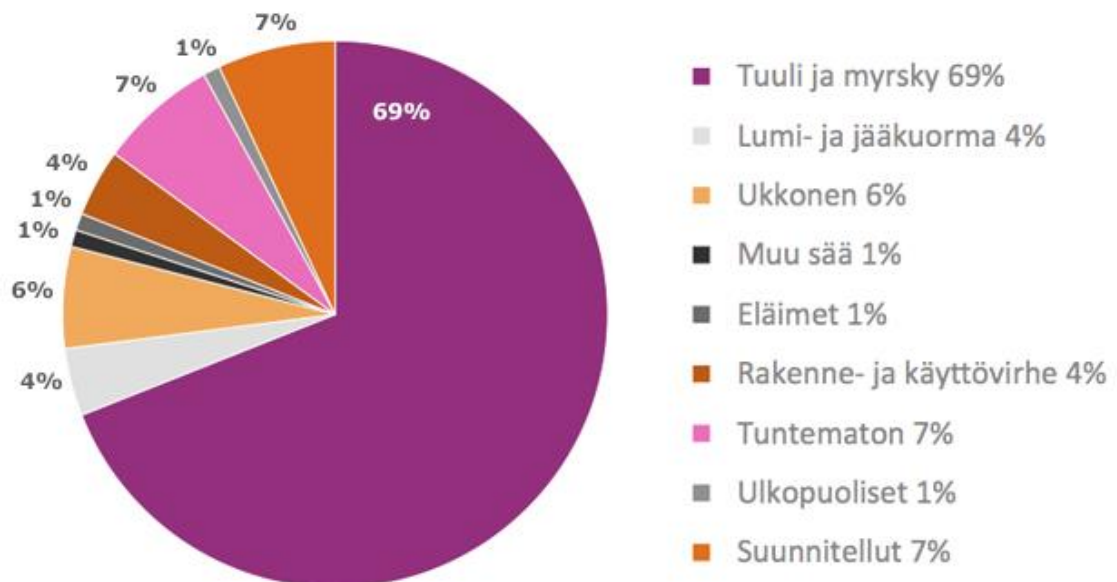
Suomen sähköverkkoa uudistetaan jatkuvasti siirtymällä avolinjoista maakaapelointiin, mutta sähkökatkojen määrä on silti maaseudulla vielä suhteellisen korkea. Eniten sähkökatkoja Suomessa aiheuttavat luonnonilmiöt, kuten myrskyt ja lumi- sekä jääkuormat. Taajama-alueella tätä ongelmaa ei maakaapeloinnin ansiosta ole, mutta taajaman ulkopuolella ongelma on suurempi. Yksittäiset, linjoille kaatuvat puut eivät vielä aiheuta pitkäkestoisia sähkökatkoja, mutta räntäsateen ja myrskytuulen sattuessa samalla päivälle, voi linjoille kaatua niin paljon puita kerralla, että vikojen korjaaminen vie päiviä. Jos maakaapeloidulla alueella kuitenkin sattuu, esimerkiksi kaivuutöiden yhteydessä kaapelin vikaantuminen, vie maakaapelin korjaaminen enemmän aikaa kuin ilmajohdon korjaaminen. (Energiateollisuus 2014.)

Suomessa varavoimajärjestelmiä käytetään yleensä data- ja telekeskuksissa, kauppakeskuksissa, vesihuollossa sekä sairaaloissa ja pelastuslaitoksissa, kuten paloasemilla. Data- ja telekeskuksissa sähkökatkoja ei sallita, sillä sähkökatkolla voi olla järjestelmän kannalta massiiviset vaikutukset. Kauppakeskuksissa varavoima on tarpeen ihmisten turvallisuuden sekä kylmäketjun takaamiseksi. Kauppakeskuksissa saattaa olla tuhansia ihmisiä samaan aikaan ja sähkökatkon sattuessa on ihmisille taattava turvallinen poistuminen kauppakeskuksesta. Vesihuolto on yhtä tärkeää kuin sähkönsaantikin, joten varavoima on tarpeen myös vesihuoltolaitoksissa (Huoltovarmuusorganisaatio). Sairaaloissa ja pelastuslaitoksissa sähkön syöttö on taattava sataprosenttisesti, eikä katkoja saa tulla. Sähkökatko sairaalassa saattaa maksaa ihmishengen, eikä sitä ole mahdollista korvata kuinkaan. Sairaaloissa onkin yleensä suuret sähköiset UPS-järjestelmät, jotka takaavat sähkönsyötön välittömästi katkon tullessa. Varavoimaa hyödynnetään myös tuotantolaitoksissa, jos halutaan välttää sähkökatkosta aiheutuvan tuotannon keskeytyksen aiheuttamat rahalliset menetykset. Tuotantolaitoksissa on usein dieseltoimiset varavoimageneraattorit, jotka käynnistyvät sähköjen katkettua. Generaattorin käynnistyminen kestää yleensä kuitenkin 10 - 30 sekuntia, joten generaattorivarmennus ei ole katkoton menetelmä. Jos tuotantolaitoksessa kenellekään ei aiheudu hengenvaaraa sähkökatkosta johtuen, ovat dieselgeneraattorit hyvä tapa taata sähkönsyöttö laitokseen. (Voimalaite Service Oy 2015.)



Kuten jo aiemmin mainittu, Suomessa ylivoimaisesti eniten sähkökatkoja aiheuttava syy on luonnonilmiöt. Kova tuuli katkoo puita sähkölinjojen päälle, aiheuttaen oikosulkuja, maasulkuja ja linjojen katkeamisia. Muita sään aiheuttamia riskejä ovat salamet, lumi- ja jääkuormat, tulvat sekä kova pakkas. Sähkökatkoja aiheutuu myös teknisistä vioista, mutta nämä viat ovat useimmiten helposti eristettävissä ja korjattavissa, eikä sähkökatkon näin ollen pitäisi koskettaa suuria asiakasmääriä kovin pitkään. Säästä johtuvat viat puolestaan aiheuttavat enemmän ja pitkäkestoisempia sähkökatkoja kuin tekniset viat.

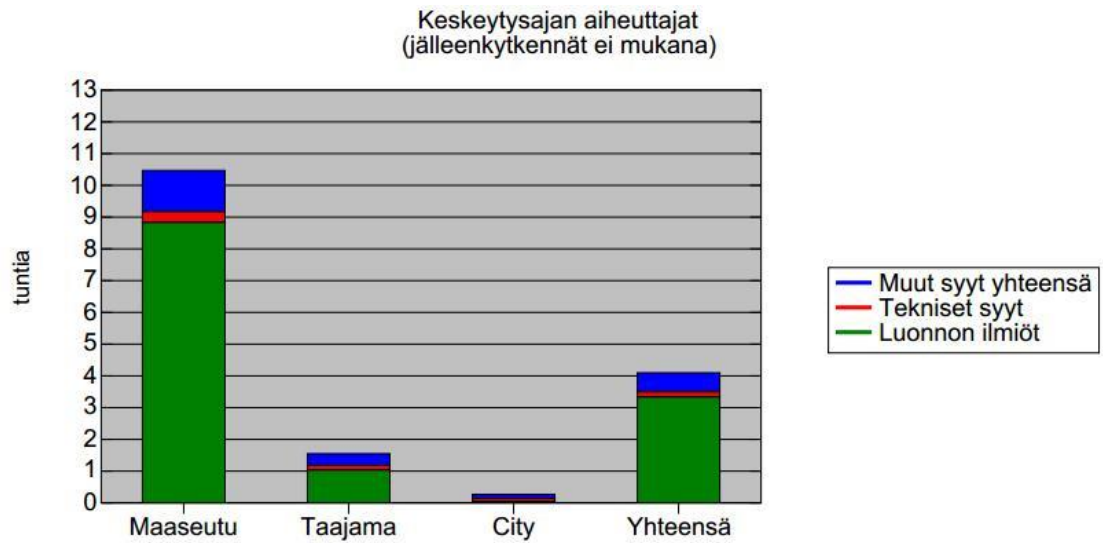
Kuvion 1 diagrammista selviävät sähkökatkojen aiheuttajat vuonna 2013.



KUVIO 1. Sähkökatkojen aiheuttajat vuonna 2013 (Energiateollisuus 2014)

Kuviosta 1 nähdään, että tuuli ja myrsky ovat ylivoimaisesti suurimmat sähkökatkojen aiheuttajat Suomessa.

Sähkökatkojen pituus riippuu suuresti vian aiheuttajasta. Kuvion 2 diagrammiin on eritelty keskeytysajat tunteina vuodessa, eri alueilla, sekä katkon aiheuttajat.



KUVIO 2. Keskeytysajat tunteina vuodessa (Energiateollisuus 2014)

Kuten kuviosta 2 voi havaita, maaseudulla vietetään ilman sähköjä huomattavasti pidempiä aikoja vuoden aikana, kuin taajamassa tai kaupungissa. Tämä on tietenkin luonnollista sillä taajama alueella ja kaupungissa kaapelointi on toteutettu enimmäkseen maakaapelointina, kun taas maaseudulla käytössä on paljon vielä ilmakaapelit. Taajama-alueella on myös käytössä rengassyöttö, joten vian ilmaannuttua vikaantunut osa verkosta voidaan eristää ja jatkaa sähkönsyöttö toisesta suunnasta. Tämä ei kuitenkaan usein ole mahdollista maaseudulla, jossa verkko on rakennettu säteittäiseksi.

## 2.2 Potentiaaliset käyttökohteet ja asiakkaat

Varavoima on tarpeen erilaisissa käyttökohteissa sekä tilanteissa. Varavoimajärjestelmää voidaan käyttää kiinteistössä kiinteänä varavoimajärjestelmänä tai väliaikaisena voimanlähteenä esimerkiksi huoltotöiden aikana. Laitteisto voi toimia myös kohteen päävoimana. Päävoimana toimiva laitteisto voi olla voimanlähde esimerkiksi louhoksella tai murskalla, jonne ei normaalisti sähkölinjaa ole vedetty. (Coromatic Oy 2015.)

### 2.2.1 Maatilat

Maatilat ja muut tuotantoeläintilat ovat hyvin riippuvaisia sähköstä. Esimerkiksi maidontuottajille on erittäin tärkeää, ettei sähkökatkoja tule, sillä ilman sähköä maidon säilöntälaitteisto ei toimi ja kaikki laitoksessa sillä hetkellä oleva maito pitää hävittää, koska se ei enää kelpaa myytäväksi. Sen lisäksi, että taloudellisia menetyksiä koituu tuotetun maidon menetyksistä, aiheuttaa laitteiston toimimattomuus myös mm. utaretulehduksia, joilla on pitkäkantoisemmat seuraamukset. (Kyselytutkimus 2014.)

Kysyttäessä luomubroileritilan omistajalta sähkökatkosta aiheutuvia seuraamuksia, vastaus oli seuraavanlainen: ”Jos sähkökatko kestää yön yli, pahimmassa tapauksessa kaikki sillä hetkellä tilalla oleva siipikarja kuolee ilmastoinnin, ruokinnan ja juomaveden uupuessa” (Kyselytutkimus, 2015).

Varoittava esimerkkitalanne syntyi vuonna 2008 Närpiössä, kun ilkvallan seurauksena paikallisen kanalayrittäjän sähkölaitteisto ei enää toiminut halutulla tavalla. Tämä johti siihen, että yli 2000 kanaa kuoli yön aikana ilmanvaihdon ja ruuan puuttuessa. Kuolleiden kanojen määrän uskottiin nousevan yli 5000:een, sillä osa kanoista oli yön jälkeen erittäin huonossa kunnossa. (Kaleva Oy 2008.)

### 2.2.2 Telekommunikaatio- ja datajärjestelmäyritykset

Telekommunikaatioyhteyksiä ylläpitävät yritykset ovat myös kriittisesti riippuvaisia sähköstä. Televiestinnän piiriin kuuluu puhelin, televisio, radio sekä internet. Jos esimerkiksi puhelinoperaattoriyrityksen järjestelmä putoaa pois sähköverkosta, ilman että käytössä on varavoimajärjestelmää, voi koko puhelinverkko pahimmassa tapauksessa kaatua. Telejärjestelmien tukiasemilla on myös usein varavoimalaitteisto. Mainittakoon myös teletoimintaa koskevat viranomaismääräykset, jotka velvoittavat mm. häiriötilanteisiin ja poikkeusoloihin varautumista (Viestintävirasto 2015).

Virve ja muut viranomaisverkot on pidettävä toimintakykyisinä kaikissa olosuhteissa, joten tämänkaltaisia verkkoja ylläpitävä järjestelmä on varmennettava. Virve, eli viranomaisradioverkko on viranomaisten käyttämä viestijärjestelmä. Virve-verkkoa käytetään yhteiskunnan ja kansalaisten turvallisuudesta vastaavien tahojen keskinäiseen viestintään. Tällaisia tahoja on esimerkiksi ensihoito, poliisi ja pelastustoimi. (Sosiaali- ja terveysministeriö 2015.)

Datajärjestelmäyrityksillä tarkoitetaan esimerkiksi yrityksiä, jotka ylläpitävät erilaisia internetin kautta toimivia palveluita. Tällaisia palveluita käyttää esimerkiksi kauppojen kassalla olevan maksupäätteet. Jos järjestelmä, jonka kautta maksupäätte toimii, kaatuu sähkökatkon takia, eivät kyseistä palvelua käyttävät kaupat voi ottaa korttimaksuja vastaan. Tämä vaikeuttaa huomattavasti kaupankäyntiä. Suurille datakeskuksille varavoimalaitteisto on luotettavan toiminnan kannalta välttämätön.

### 2.2.3 Muut mahdolliset käyttökohteet

Varavoimajärjestelmiä tarvitsevat myös useat erilaiset laitokset ja kohteet. Pieniä tuotantolaitoksia voivat olla esimerkiksi kasvihuoneet ja maidonjalostuslaitokset. Myös yritykset, joilla on suuria kylmiö- tai pakastevarastoja tarvitsevat varavoimalaitteiston. Lisäksi varavoimaa tarvitaan vesihuollossa, kauppakeskuksissa, sähköverkon kunnossapitotoissa, puolustusvoimien käytössä sekä vapaa-ajan asutuksissa.

Vaikka kasvihuoneiden lämmitys toteutetaankin yleensä öljylämmityksenä, vaatii myös se sähköä toimiakseen. Öljykattilan toiminta ei tietenkään vaadi suurta varavoimakonetta, mutta jos halutaan pitää myös kasvihuoneelle suhteellisen tärkeä valaistus käytössä, tulee varavoimakoneen olla jo suurempi. Suurilla kasvihuoneilla pitkistä sähkökatkoista aiheutuvat kustannukset voivat olla suuri menetys yrittäjälle.

Maidonjalostuslaitoksissa sekä kylmävarastoilla pätee samankaltainen kaava, kuin maidontuotannossakin. Varastoitu tuote pitää saada pidettyä oikeassa lämpötilassa jotta se säilyisi käyttökelpoisena. Tämän kaltaisissa kohteissa pitkä sähkökatko voi aiheuttaa mittavia kustannuksia yritykselle.

Vesihuollossa varavoimalaitteisto on hyvin tärkeä, sillä vesihuolto on yhteiskunnan kannalta lähes yhtä tärkeä kuin sähkönsaanti. Näin ollen vesihuollon tulisi toimia moitteettomasti kaikissa olosuhteissa ja tilanteissa. Sähkökatko vesihuoltolaitoksessa aiheuttaa häiriöitä toimintaan, lähinnä pumppauksiin sekä automaatio- ja kaukovalvontajärjestelmiin. Joissain tapauksissa sähkökatkon vaikutukset näkyvät myös asiakkaalle asti, aiheuttaen vesikatkoja, veden laatuhäiriöitä sekä viemäröinnin toimimattomuutta. (Huoltovarmuusorganisaatio 2013.)

### 3 OLEMASSA OLEVAT RATKAISUT

Tällä hetkellä on olemassa lukuisia erilaisia varavoimajärjestelmiä. Käytössä olevia järjestelmiä ovat akkuperusteiset järjestelmät sekä dieselgeneraattorit. Kasvavassa suosiossa ovat myös dynaamiset järjestelmät, jotka eivät tarvitse ollenkaan akustoa. Lisäksi maataloilla laajalti käytetty traktorigeneraattori on yleinen varavoimaratkaisu.

#### 3.1 Dynaamiset UPS-laitteistot

Dynaaminen varavoimajärjestelmä perustuu pyörivään huimamassaan, johon kineettinen liike-energia varautuu. Pyörivä huimamassa on käytännössä suuren inertian omaava sähkömoottorin magneettilaakeroitu roottori, joka pyörii tyhjiökammiossa sijaitsevan staattorikäänityksen sisällä. Huimamassaa pyöritetään sähköverkolla, mutta tyhjiökammio ja magneettilaakeri takaavat hyvän hyötysuhteen. Sähköjen katkettua huimamassaan varautunut liike-energia muunnetaan sähköenergiaksi ja syötetään varmennetulle kuormalle. Järjestelmä syöttää verkkoa niin kauan kuin huimamassalla riittää liike-energiaa. Huimamassaan varautunutta energiaa riittää kuitenkin vain kymmeniksi sekunneiksi, joten sen lisäksi käytössä tulee olla varavoimakone. Dynaamisen UPS-järjestelmän hyvä puoli on se, ettei tarvita laisinkaan huoltoa vaativaa akustoa. Akusto vaatii myös tilan jossa on standardit täyttävät jäähdytys- ja ilmanvaihtojärjestelmät. Vaikka dynaamisessa UPS -laitteessa ei olekaan huoltoa vaativaa akustoa, ei se kuitenkaan ole huoltovapaa. Laitteen tyhjiöpumput ja laakerit vaativat huoltoa siinä missä akustokin. Kuvassa 1 on dynaaminen UPS. (Witraktor 2014.)



KUVA 1. CAT Dynaaminen UPS (Witraktor 2014)

### 3.2 Akkuperusteiset ratkaisut

Varavoimansyöttö voidaan toteuttaa myös yksinkertaisella akustoratkaisulla. Kiinteistössä on oma akustotila, jossa olevia akustoja pidetään jatkuvasti täyteen varattuina. Sähkökatkon sattuessa akustoihin varattu sähköenergia syötetään suojattaville kohteille. Akkuperusteinen järjestelmä on varmatoiminen, mutta järjestelmän toimintavarmuuden säilyttäminen vaatii akuston uusimisen säännöllisin väliajoin. Suljetuilla lyijyakuilla, eli VRLA-akuilla toteutetun akuston käyttöikä on noin 3 – 5 vuotta. Näin ollen on otettava huomioon myös ympäristötekijät, sillä suuren akuston uusiminen aiheuttaa aina paljon ongelmajätettä. (Eaton 2012.)

Kuvassa 2 on esitetty Suomen Erillisverkot Oy:n Helsingin viestiteknologiakeskuksen varavoima-akusto.



KUVA 2. Varavoima-akusto (Suomen Erillisverkot Oy 2014)

Vaikka akkuperusteiset ratkaisut ovatkin tällä hetkellä toimintavarmoja, niissä on vielä paljon kehittämisen varaa. Suuren energiamäärän varastointi akustoon ilman ylläpitävää latausta on nykypäivänä vielä vaikeaa. Akkuteknikka kehittyy kuitenkin huimaa vauhtia ja uuden sukupolven akustot tulevat olemaan huomattavasti taloudellisempia ja tehokkaampia kuin edeltäjänsä.

Eräs uusi tulokas on General Electricin Durathon™ akustojärjestelmä. Valmistajan mukaan Durathon-akustojärjestelmä turvallisempi, pitkäikäisempi ja huoltovapaampi kuin tavalliset akustot. Durathon-akut ovat myös ympäristöystävällisempiä, sillä akuissa on käytetty enemmän kierrätettäviä materiaaleja kuin normaaleissa akuissa. Akustojärjestelmä on rakennettu skaalautuvaksi, joten modulaarisen rakenteensa vuoksi akustosta on helppo rakentaa juuri tarvittavan kokoinen. Durathon-akustossa on myös suurempi energiatiheys verrattaessa muihin akkuihin. Durathon-akuilla on mahdollista saada sama energiavarasto mahtumaan puolet pienempään tilaan, kuin esimerkiksi lyijyakuista rakennettu akusto. Valmistaja lupaa myös akuston käyttölämpötila-alueeksi -40 - 65 °C. (General Electric Company 2015.)

Sähköautoja valmistavan Teslan toimitusjohtaja Elon Musk on ilmoittanut suunnitteilla olevan kotitalouskäyttöön tarkoitettu akustojärjestelmä. Tarkoituksena on käyttää akustoa kotitalouksien varavoimanlähteenä sähkökatkojen aikana tai päävoimana siellä, minne sähköverkko ei ylety. Tuotteen tarkempia tietoja ei ole vielä julkaistu, mutta suunnittelu on Muskin mukaan lähes valmis ja järjestelmän tuotanto voidaan saada käyntiin jopa kuuden kuukauden päästä (uutinen 12.2.2015). (Tekniikka & Talous 2015.)



### 3.3 Muut tekniikat

#### 3.3.1 Traktorigeneraattori

Yksi maataloilla paljon käytetty varavoimajärjestelmä on traktorigeneraattori. Traktorigeneraattori on sähkögeneraattori jonka käyttövoimana toimii traktori. Generaattori kytketään nivelakselilla traktorin voimanulosottoon. Koska traktorin voimanulosotto pyörii yleensä 540 tai 1000 kierrosta minuutissa, on traktorigeneraattoreissa vaihteisto, joka nostaa sen pyörimisnopeutta. Tätä järjestelmää harkitessa tulee kuitenkin muistaa, että generaattoria pyörittävä traktori on tällöin kiinnitetty varavoimajärjestelmäksi, joten jos tilalta löytyy töitä joihin tarvitaan traktoria sähkökatkonkin aikana, pitää taloudesta löytyä myös toinen traktori. (HSA Oy 2015.)

Kuvassa 3 on esitetty kW-Set Oy:n markkinoima traktorigeneraattori.



KUVA 3. Traktorigeneraattori (kW-Set Oy 2015 A)

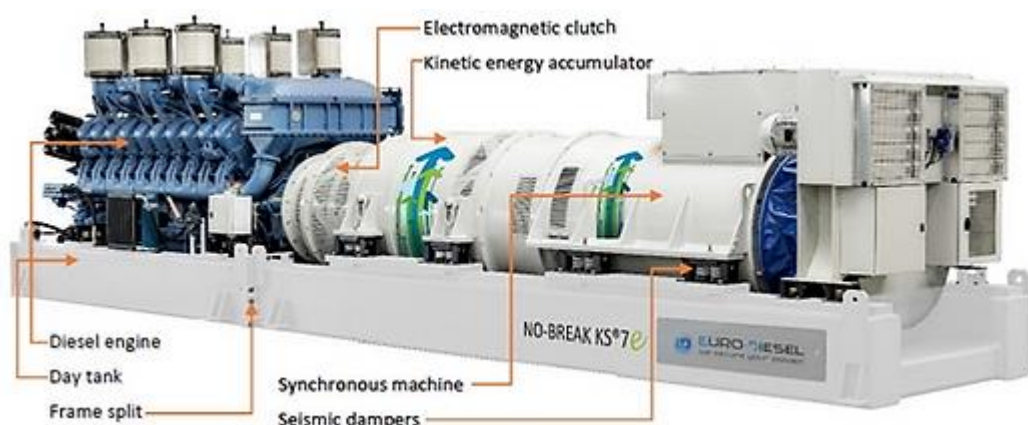
### 3.3.2 Tuuli- ja aurinkovoimalat

Jotkut kotitaloudet ovat asennuttaneet myös pientuulivoimaloita ja aurinkopaneelijärjestelmiä jotka lataavat pientä akustoa, jonka on tarkoitus toimia varavoimalähteenä sähkökatkon sattuessa. Tätä ei kuitenkaan voi sanoa kovinkaan varmaksi järjestelmäksi, sillä järjestelmä on suuresti riippuvainen vallitsevasta säästä, eikä energiaa voi varata nykypäivän akustoihin pitkäksi aikaa ilman jatkuvaa latausta. Kappaleessa 3.2 mainittu, suunnitteilla oleva Teslan akustojärjestelmä voi kuitenkin muuttaa tätä käytäntöä kannattavammaksi.

### 3.3.3 DRUPS-järjestelmä

Eräs varavoimajärjestelmien uusi tulokas on DRUPS-järjestelmä. Se saa nimensä sanoista "Diesel rotary uninterruptible power supply". DRUPS on dieselgeneraattorin ja dynaamisen UPS laitteen yhdistelmä. Laite koostuu dieselgeneraattorista sekä verkko­sähkön pyörittämästä huimamassasta. Huimamassa varastoi sähköenergiaa liike-energiaksi. Sähkökatkon sattuessa liike-energia muunnetaan takaisin sähköenergiaksi. Huimamassa syöttää sähköä kuormalle kunnes dieselmoottori käynnistyy ja alkaa tuottaa energiaa kuormalle ja huimamassalle. (kW-set Oy 2015 B.)

Kuvassa 4 on EURO-DIESEL:n valmistama DRUPS. Kuvan DRUPS laitteita on saatavilla 200 – 2000 kVA:n tehoisina.



KUVA 4. DRUPS (EURO-DIESEL 2014)

## 4 MITOITUS

### 4.1 Kohteen tehontarve

Varavoimajärjestelmän mitoitus tulee aloittaa laskemalla, kuinka paljon sähkötehoa kohde kuluttaa. Varavoimakone voidaan mitoittaa joko keskimääräisen tai huipputehon mukaan, riippuen siitä millä käyttöasteella kohdetta halutaan sähkökatkon aikana käyttää. Esimerkkilaskuissa on käytetty 170 m<sup>2</sup> omakotitaloa, jossa on suora sähkölämmitys sekä kiuas ja käyttöveden lämmitys jatkuvana tai yösähköllä.

Keskimääräisen kulutuksen mukaan mitoitus voidaan tehdä käyttäen hyväksi kohteen vuosittaista sähkönkulutusta. Esimerkin mukainen omakotitalo kuluttaa vuodessa noin 25 000 kWh. Jakamalla vuosikulutus yhden vuoden tunneilla, saadaan laskettua kohteen keskimääräinen teho (kaava 1). Kulutus on arvioitu käyttäen Kuopion Energian laskuria (Kuopion energia 2015).

$$P_{avg} = \frac{25000 \text{ kWh}}{8760 \text{ h}} \quad (1)$$

$$P_{avg} = 2,85 \text{ kW}$$

Näin ollen, jos kyseessä on kohde jossa sähkönkäyttö voidaan laskea katkoksen ajaksi minimiinsä, riittää jo suhteellisen pieni varavoimakone ylläpitämään tarvittavia toimintoja.

Jos varavoimakoneen halutaan pitävän kohteen sähköt täysin normaalia vastaavassa tilanteessa, tulee se mitoittaa huipputehon mukaan. Omakotitalon huipputehoa voidaan arvioida kaavalla 2 (VirtuaaliAMK-verkosto 2015). Kaavassa luku 7,5 kuvaa kojeiden arvioitua tehontarvetta kilowatteina, 64 lämmitysmuodosta määräytyvää kerrointa ja  $A_{läm}$  lämmitettävää pinta-alaa neliömetreinä.

$$P_{MAX} = 7,5 + \frac{64 * A_{läm}}{1000} \quad (2)$$

$$P_{MAX} = 7,5 + \frac{64 * 170m^2}{1000}$$

$$P_{MAX} = 18 kW$$

Jos kyseessä on esimerkiksi navetta tai muu siihen rinnastettava pieni tuotantolaitos, tulee varavoiman hankkijan olla tietoinen siitä, paljonko tehoa sähkölaitteet kohteessa kuluttavat. On myös huomioitava laitteet, jotka tarvitsevat käynnistyäkseen suuren virran. Esimerkiksi suoraan käynnistettävän oikosulkumoottorin verkosta ottama käynnistysvirta on noin 5-10 -kertainen nimellisvirtaansa nähden. Näin ollen varavoimalaitteisto on mitoitettava siten, että teho riittää tämänkaltaisten kuormien käynnistykseen. Suuria käynnistysvirtoja voidaan kuitenkin pienentää huomattavasti asentamalla moottorilähtöön pehmokäynnistin tai taajuusmuuttaja. Tällaisessa tilanteessa varavoiman hankkijan kannattaa tukeutua asiantuntijoiden ja suunnittelijoiden puoleen. (FinGen Oy 2015.)

## 4.2 Suojattavien kohteiden yksilöinti

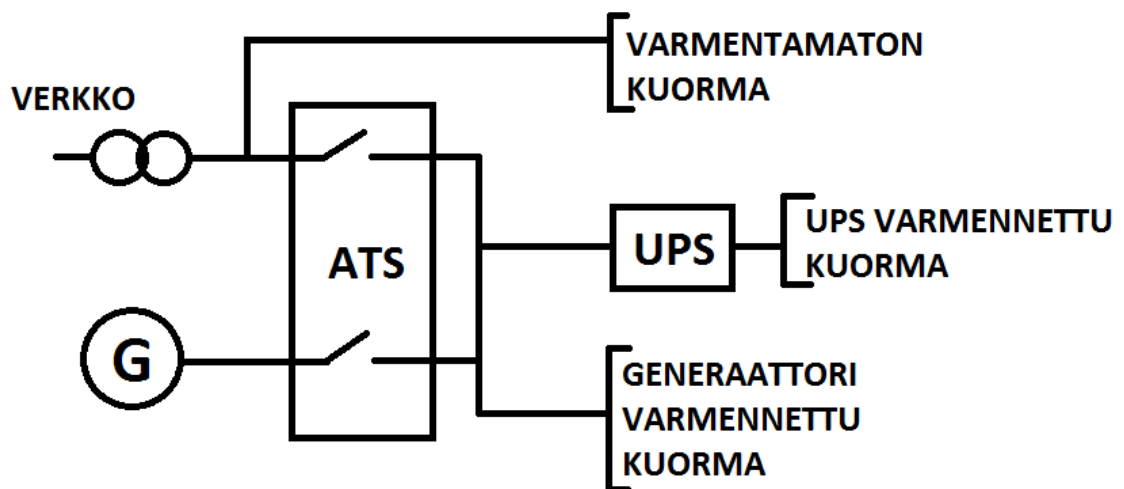
Joskus ei kuitenkaan ole järkevää hankkia niin suurta varavoimajärjestelmää että se kykenisi ylläpitämään koko kohdetta. Tällöin voidaan kartoittaa etukäteen ne laitteet ja toiminnot, jotka halutaan suojata sähkökatkoilta. Tämän jälkeen lasketaan sähkökatkoilta suojattavien laitteiden yhteisteho ja mitoitetaan varavoimalaitteisto sen mukaan. Jos kohdetta ollaan vasta rakentamassa, on vielä helppo jaotella suojattavat ryhmät erikseen, mutta lisättäessä tämänkaltaista varavoimajärjestelmää olemassa olevaan rakennukseen, vaaditaan kytkentöjen muutostöitä halutessa suojata vain osa kuormasta sähkökatkolta.

## 5 SÄHKÖSUUNNITTELU

Kun varavoimakontin suunnittelu aloitettiin, päätettiin rakentaa skaalattavissa oleva varavoimajärjestelmä, jossa on 10 kVA:n UPS-varmennettu verkko, sekä generaattorivarmennettu verkko, joka syöttää myös UPS-laitetta. Tarkoituksena oli rakentaa asiakkaille mahdollisimman edullinen varavoimakokonaisuus jo olemassa olevilla komponenteilla. Kyseessä on siis niin sanottu pilottiversio. Projektin edetessä pidettiin koko ajan mielessä, miten sama kokonaisuus voidaan tulevaisuudessa toteuttaa suurempana, kulloisenkin asiakkaan tarpeiden mukaan.

### 5.1 Päävirtapiiri

Päävirtapiiri koostuu varmentamattomasta, generaattorivarmennetusta ja UPS-varmennetusta verkosta. Kuvio 3 havainnollistaa järjestelmää.



KUVIO 3. Järjestelmän periaatekuva

Sähkökatkon sattuessa UPS jatkaa oman kuormansa syöttämistä akustosta ja generaattori havahtuu verkon katkeamiseen. Tällöin vain UPS-varmennettu kuorma pysyy käytössä. Kun generaattori on käynnistynyt ja saavuttanut toimintakykynsä, ATS (Automatic Transfer Switch) aukaisee verkkokytkimen ja sulkee generaattorikytkimen. Tällöin generaattori alkaa syöttää sekä UPS-laitetta että generaattorivarmennettua kuormaa.

Päävirtapiirin kytkentäkuvat on esitetty liitteessä 1.

## 5.2 Ohjausvirtapiiri

Ohjausvirtapiiri tulee suunnitella siten, että UPS ja generaattori osaavat toimia yhdessä halutulla tavalla. Generaattorin täytyy käynnistyä automaattisesti silloin, kun kiinteistön oma verkko sammuu ja UPS alkaa syöttää kuormaa. Generaattorin tulee syöttää kuormaa vielä sähköjen palattuakin, uuden sähkökatkon varalta. Tällainen toiminta halutaan siksi, että UPS -laitteen akusto saadaan ladattua takaisin sellaiseen pisteeseen, että varaustaso on riittävä pitämään kuorma ylhäällä uudenkin katkon sattuessa. Muuten voidaan päätyä tilanteeseen, jossa generaattori on sammutettu, uusi sähkökatko iskee, eikä UPS pysty enää pitämään kuormaa ylhäällä generaattorin käynnistymiseen saakka.

Ohjausvirtapiiri koostuu käytössä olevien komponenttien omista toiminnoista, eikä täten vaadi suurta suunnittelua. UPS toimii järjestelmässä itsenäisenä osana, eikä sen ole tarve tietää, syöttääkö sitä kohteen oma sähköverkko vai generaattori. Generaattorissa on oma ohjainyksikkö, joka on yhteydessä ATS:ään. ATS valvoo kiinteistöä syöttävää verkkoa ja tietää täten, milloin sen tulee antaa generaattorille käynnistymiskäsky. Generaattorin käynnistys- ja sammutusohjaus tapahtuu halutusti ennalta asetelluilla asetuksilla. ATS ohjaa myös verkonvaihtokontaktoreita tai kompaktikytkimiä, joiden kautta varmennettujen verkkojen kytkentä tapahtuu.

Ohjausvirtapiirin kytkentäkuvat on esitetty liitteessä 1.

## 5.3 Komponenttien valinta

Seuraavien alaotsikoiden alla on käsitelty konttiin käytettävien komponenttien valintaperusteet ja perusominaisuudet.

### 5.3.1 Generaattori

Generaattori syöttää 10 kVA:n UPS-laitetta, joten käyttöön valittiin 20 kVA:n dieselgeneraattorin, josta riittää tehoa UPS-varmennetun verkon syöttämisen lisäksi vielä muillekin kuormille.

Generaattoriksi valikoitui Suomen Diesel Voima Oy:n generaattoritoimittajalta tilattu WFM:n valmistama 20kVA:n dieselgeneraattori (Kuva 5). Generaattori on malliltaan D230-LDEW. Koska suomessa käytetty sähköverkko on taajuudeltaan 50 Hz, valittiin 1500 kierrosta minuutissa pyörivä, nelinapainen generaattori. Käyttöön olisi sopinut myös 3000 kierrosta minuutissa pyörivä, kaksinapainen generaattori, mutta Suomen Diesel Voima Oy:n edustajan kokemukseräisillä tiedoilla haluttiin valita käyttöön 1500 rpm pyörivän generaattorin. Generaattoria pyörittävä moottori on Perkinsin nelisylinterinen nestejäähdytteinen diesel.



KUVA 5. WFM D230-LDEW (WFM Generators 2015)

GenSetissä on oma akku, josta se ottaa sähkön käynnistykseen ja ohjaukseen. Tämän vuoksi siinä on luonnollisesti myös laturi. GenSetissä on oma ohjainyksikkö, joka saa käy/seis-käskyt ATS keskukselta.

GenSetin perustiedot on lueteltu alla:

- Ulostulojännite 400/231 V
- Taajuus 50 Hz
- Jatkuva teho 20 kVA
- Tyhjäkäyntiteho 22 kVA
- Tehokerroin  $\cos \varphi$  0,8 ind
- Polttoaineen kulutus 70 % kuormalla 3,8 litraa tunnissa

(WFM Generators 2015)

Dieselmoottorin ja generaattorin tarkemmat tyyppitiedot löytyvät liitteestä 2.



### 5.3.2 UPS

UPS-laitteeksi valittiin General Electricin (GE) SG CE 10kVA PurePulse (kuva 6). Uusi SG -sarja on edeltäjänsä SitePro -sarjaa kehittyneempi versio. SG-sarja lanseerattiin vuonna 2014 ja se on saanut hyvän vastaanoton markkinoilla. Kuten jo laitteen nimi kertoo, laitteen nimellisteho on 10kVA. Seuraavaksi on lueteltu laitteen perustiedot. Lihavoidut arvot ovat Suomessa käyttämäämme verkkoa vastaavat.

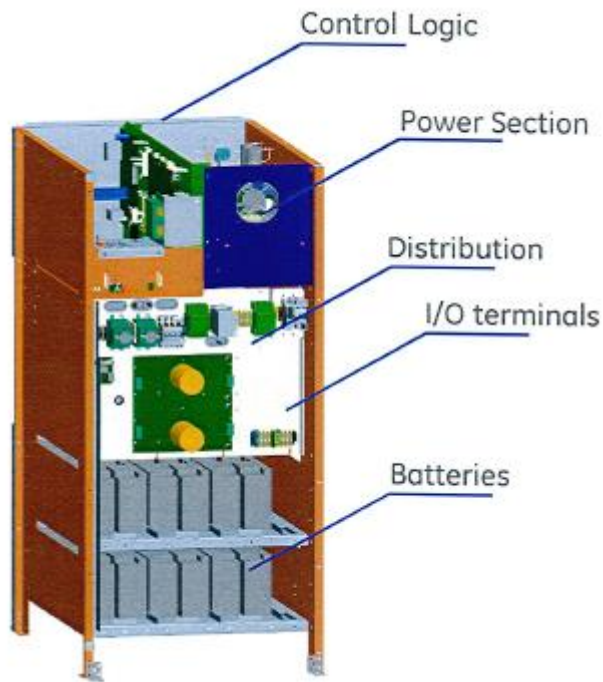
- Malli SG CE 10 kVA PurePulse
- Sisääntulotaajuus **50**/60Hz
- Ulostulotaajuus **50**/60Hz
- Sisääntulojännite 380/**400**/415 VAC (3W+N+PE)
- Sisääntulovirta 17/**16**/15 A
- Nimellisteho 10,0 kVA kun tehokerroin (PF) 1
- Ulostulojännite 380/**400**/415 VAC (3W+N+PE)
- Ulostulovirta 20/**19**/18 A

SG-sarjan vaihtosuuntaus on nykytapaan toteutettu IGBT-transistoreilla, joka takaa hyvän siniaaltomuodon. Näin ollen saavutetaan hyvä tehokerroin, joka on kyseiselle laitteelle parhaimmillaan 0,95. IGBT-transistorien käytöllä saavutetaan myös se, että virran harmoniset yliaallot pysyvät hallittuina.



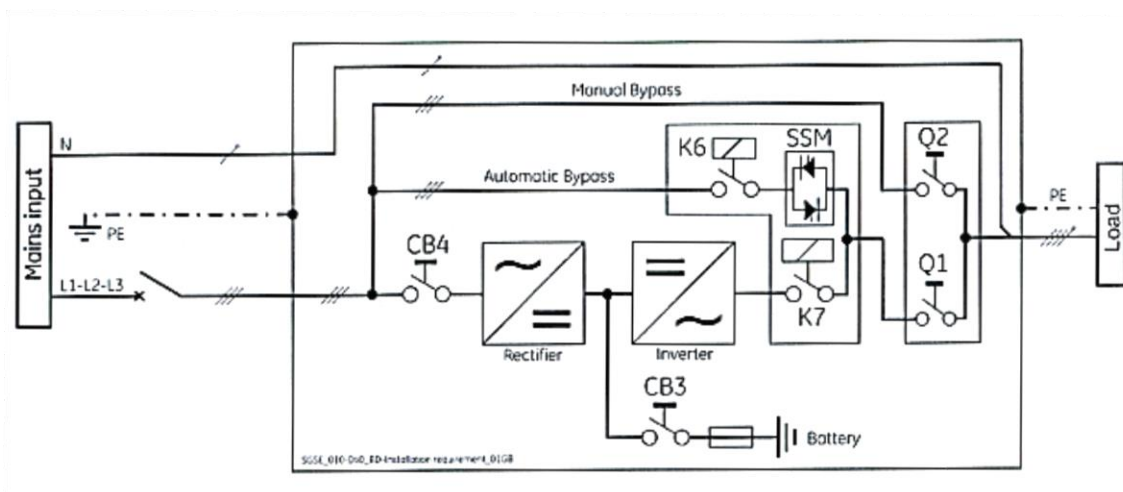
KUVA 6. SG CE 10 kVA PurePulse

UPS on rakennettu siten, että se on mahdollisimman helppo huoltaa. Se koostuu käytännössä kolmesta osasta. Ylimmässä osassa sijaitsee ohjauslogiikka sekä tehoyksikkö. Keskellä sijaitsee jakeluyksikkö sekä I/O-liittynät. Alimmassa osassa sijaitsee laitteen akusto. Jos akustosta halutaan kasvattaa suurempi kuin UPS:n alaosaan mahtuu, laajennetaan sitä erillisellä, laitteen viereen asennettavalla laajennusmoduulilla. UPS-laitteen rakenne ilmenee kuvasta 7.



KUVA 7. UPS:n rakenne (GE Training Center Riazzino, 2014)

UPS:ssa on kaksi syöttöpistettä, jotka voivat joko olla yhdistettynä toisiinsa tai erotettuina toisistaan. Jos syöttöpisteet ovat yhdistettyinä, on käytössä vain yksi primääriverkko. Kyseinen kytkentä käy ilmi kuvasta 8.



KUVA 8. UPS yhteisellä primääriverkolla (GE – User Manual SG Series 2014)

Kuten kuvasta 8 voi havaita, yhdistetyllä primääriverkolla sama verkko toimii joko tasa- ja vaihtosuuntaajien, automaattisen ohituksen (Automatic Bypass) tai manuaalisen ohituksen (Manual Bypass) kautta kuormalle. Laitetta voidaan käyttää kolmella eri tavalla tällä kytkennällä.

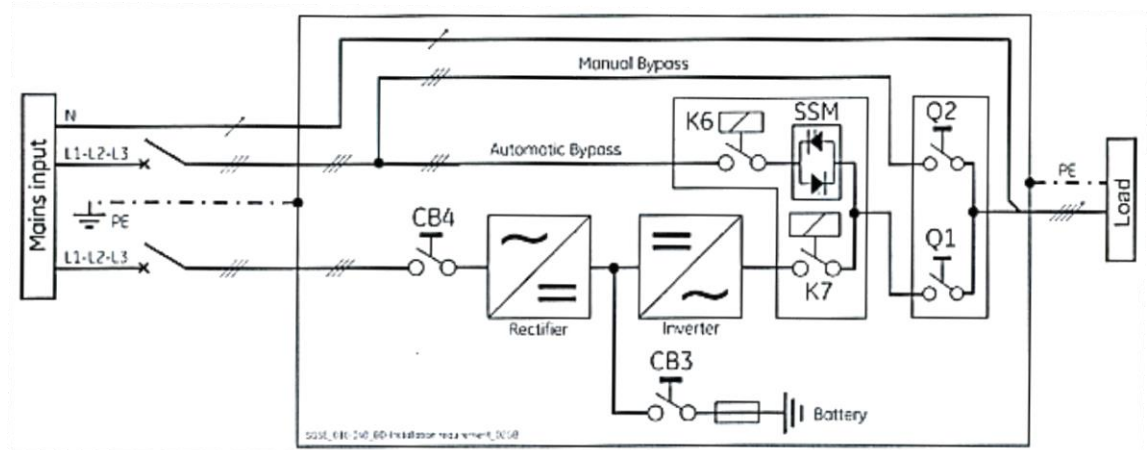
Ensimmäinen käyttötapa on se, että kuorman syöttö tapahtuu kokoajan vaihto- ja tasa-suuntaussiltojen kautta. Primääriverkon kadotessa kuorman syöttö jatkuu välittömästi akustosta. Primääriverkon palatessa, kuorman syöttö jatkuu aikaisemmalla tavalla, samalla kun akut alkavat latautua.

Toinen tapa on se, että normaalitilanteessa kuorman syöttö tapahtuu automaattisen ohituskytkimen kautta. Koska tässä tilanteessa kuorman syöttö ei tapahdu jatkuvasti tasa- ja vaihtosuuntaussiltojen kautta, on hyötysuhde hieman parempi kuin ensimmäisellä käyttötavalla. Primääriverkon kadotessa vaihtosuuntaussilta herää välittömästi ja syöttää kuormaa akustosta. Primääriverkon palautuessa, kuorman syöttö siirtyy jälleen automaattiselle ohitukselle, samalla kun akusto alkaa latautua.

Kolmas käyttötapa, eli manuaalinen ohitus on laitteessa huoltotöiden tekemistä varten. Jotta laitteen huoltotyöt voidaan tehdä turvallisesti ja katkottomasti, on tällainen toiminto löydyttävä laitteesta. Kun laitteeseen halutaan esimerkiksi vaihtaa akusto, voidaan kuorman syöttö ohjata manuaalisen ohituksen kautta kuormalle. Tällöin on mahdollista ajaa laite hallitusti alas, ilman että kuormalta katoaa syöttö hetkeksikään. On kuitenkin

otettava huomioon, että manuaalisen ohituksen ollessa käytössä, ei laite sillä hetkellä suojaa kuormaa sähkökatkoilta.

Jos halutaan käyttää kahta erillistä primääriverkkoa, on se myös mahdollista erottamalla syöttöliittimet toisistaan. Tällöin toinen verkko kulkee vain tasa- ja vaihtosuuntaussiltojen kautta ja toinen verkko automaattisen ja manuaalisen ohituksen kautta. Tämä ilmenee kuvasta 9.



KUVA 9. UPS erotetulla primääriverkolla (GE – User Manual SG Series 2014)

Kuvassa 9 esitetty kytkentä mahdollistaa sen, että kiinteä verkko voidaan kytkeä kulkemaan tasa- ja vaihtosuuntaajien kautta ja esimerkiksi generaattorin syöttämä varavoimaverkko automaattisen ohituksen kautta. Tämänkaltaisen kytkennän huono puoli on se, että UPS:n akustoa ei ole tällöin mahdollista ladata muulla kuin kiinteällä verkolla.

(GE – User Manual SG Series 2014.)

### 5.3.3 Akusto

Akusto, joka löytyy UPS-laitteen alaosasta, on kapasiteetiltaan 9 Ah (kuva 10). Täyteen ladattu akusto kestää laitevalmistajan mukaan 10 minuuttia, laitetta kuormitettaessa nimellisteholla. Laitevalmistaja toimittaa akuston valmiiksi asennettuna, joten tilaajan ei tarvitse tehdä muuta kuin päättää minkä kokoisen ja tyyppisen akuston UPS-laitteeseensa haluaa. Tilaajan on mahdollista tilata laitteensa 9, 15, 22 tai 33 ampeeritunnin akustolla. Tämän opinnäytetyön käyttöön riitti helposti pienin akusto, sillä UPS-laitteen tarkoitus on syöttää kuormaa vain niin kauan, että generaattori ehtii käynnistyä ja alkaa syöttää verkkoa. (GE – User Manual SG Series 2014.)



KUVA 10. Valittu 9 Ah:n akusto koostuu 30:stä 12 voltin kuusikennoisesta akusta.

### 5.3.4 Ohjauslaitteet

Järjestelmän ohjaus tapahtuu pääosin järjestelmään valittujen pääkomponenttien omilla toiminnoilla. Ainut varsinainen ohjainlaite on Intelin valmistama IA-NT PWR ATS (kuva 11). ATS, eli automaattinen vaihtokytkin, toimii yhdessä generaattorin ohjaus- ja valvontayksikön kanssa. ATS ohjaa kontakteita tai kompaktikatkaisijoita, joiden kautta kuorman syöttö ohjataan joko kiinteästä verkosta tai generaattorista. ATS ja kontaktorit tai kompaktikatkaisijat sijaitsevat konttiin asennettavassa ATS-keskuksessa.



KUVA 11. IA-NT PWR ATS (ComAp 2015)

Sen lisäksi että ATS ohjaa verkonvaihtokontaktoreita, se muun muassa

- valvoo verkon ja generaattorin jännitteitä
- valvoo generaattorivarmennetun verkon virtoja
- antaa generaattorin ohjaus- ja valvontayksikölle käy/seis komennot
- antaa hälytyksen häiriön sattuessa.

Vaihtokytkimen kytkentä näkyy liitteestä 1.

Jo aiemmin mainittu generaattorin oma ohjaus- ja valvontayksikkö sijaitsee kiinteästi asennettuna GenSetin kyljessä. Yksikkö on suojattu tärinältä, eikä generaattorin käyminen täten häiritse sen toimintaa. Yksikössä on digitaalinen näyttö, josta hoituu toiminnan seuraaminen ja laitteiston parametointi. (WFM Generators 2015.)

GenSetin ohjaus- ja valvontayksikön perusominaisuuksia ovat

- digitaalinen yksikkö joka hoitaa ohjaus- ja valvontatoiminnot, sekä hälytyksien indikoinnit
- automaattinen sammutus vikatilanteita varten
- hätä seis -painike
- AC-ulostulon ylivirtasuojaus
- DC-piirin kytkin ja ylikuormitus-suojaus.

(WFM Generators 2015.)

### **5.3.5 Katkaisijat ja jakelu**

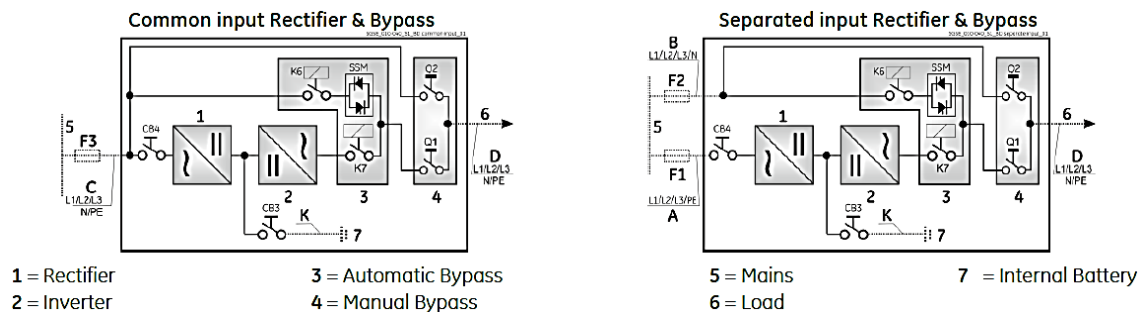
Järjestelmä rakennetaan siten, että sen eri osiot on mahdollista erottaa toisistaan esimerkiksi huoltotöiden vuoksi. Näin ollen päävirtapiiriin sijoitetaan katkaisijoita, joilla voidaan irrottaa haluttu osa erilleen muusta järjestelmästä.

Jakelu tapahtuu jo aiemmin mainittuja kontaktoreja tai kompaktikatkaisijoita sekä normaaleja katkaisijoita käyttäen. Konttiin sijoitettavaan sähkökeskukseen asennetaan sulakkeet, katkaisijat, kontaktorit tai kompaktikatkaisijat ja vaadittavat liittimet. Asiakkaan näkökulmasta keskuksessa on kolme riviliitinpakkaa. Yhteen tuodaan verkkojännite ja kahteen muuhun kytketään generaattorivarmennettu verkko ja UPS-varmennettu verkko.

Päävirtapiiriin kytkentäkuvat on esitetty liitteessä 1.

### 5.3.6 Kaapelit ja suojaus

UPS-laitteen kaapeleiden ja suojalaitteiden mitoitus tapahtuu suoraan laitevalmistajan ilmoittamien ohjeiden mukaan. Laitteen mukana toimitetussa käyttöohjeessa on selkeät taulukot minimivaatimuksista, minkä kokoista kaapelia asennuksessa tulee käyttää ja minkä kokoisilla sulakkeilla tai johdonsuojakatkaisijoilla järjestelmä tulee suojata (Kuvat 12 ja 13).



KUVA 12. Kaapeli- ja sulakemerkinnät (GE – User Manual SG Series 2014)

Line protections and cable sections								
Protections for mains voltages 3 x 380V / 400V / 415V				Battery protection (if external)	Cable sections (mm <sup>2</sup> ) recommended by European Standards Alternatively, local standards to be respected			
kVA	F1	F2	F3		A	B	C & D	K (for external battery)
10	3 x 20A	3 x 20A	3 x 20A	2 x 40A	4 x 2.5	4 x 2.5	5 x 2.5	3 x 6
15	3 x 25A	3 x 25A	3 x 25A	2 x 63A	4 x 4	4 x 4	5 x 4	3 x 10
20	3 x 35A	3 x 35A	3 x 35A	2 x 63A	4 x 6	4 x 6	5 x 6	3 x 10
30	3 x 50A	3 x 50A	3 x 50A	2 x 100A	4 x 10	4 x 10	5 x 10	2 x 25 + 16
40	3 x 63A	3 x 63A	3 x 63A	2 x 100A	4 x 10	4 x 10	5 x 10	2 x 25 + 16

KUVA 13. Kaapeli- ja sulakevaatimukset (GE – User Manual SG Series 2014)

Kahta edellistä kuvaa vertaamalla saadaan selville, minkä kokoisilla kaapeleilla ja sulakkeilla asennus tulee toteuttaa. Koska valittu laite on teholtaan 10 kVA, syöttävän verkon sulakkeet tulee olla 20-ampeerisia ja kaapelin poikkipinta-alan vähintään 2,5 mm<sup>2</sup>. Jos laite kytketään yhteisellä primääriverkolla, tulee sekä syöttö- että kuormakaapelin ohjeiden mukaan olla vähintään 5 x 2,5 mm<sup>2</sup>. Jos laite kytketään erotetulla primääriverkolla, voivat syöttökaapelit olla kokoa 4 x 2,5 mm<sup>2</sup>.

Valmistajan ilmoittamiin sulakekokoihin voi luottaa, mutta 2,5mm<sup>2</sup> kaapeli riittää SFS 6000:n mukaan vain niukasti, joten 2,5mm<sup>2</sup> kaapelit korvataan 6mm<sup>2</sup> kaapeleilla. Tällöin voidaan olla varmoja kaapeleiden koon riittäväydestä. 6mm<sup>2</sup> kaapelin kuormitettavuus pinta-asennettuna on 43 A ja uppoasennettuna 31 A. (Sähköinfo 2012, 217.)



Myös kiinteän verkon, generaattorivarmennetun verkon sekä generaattorin kaapelointi toteutetaan käyttäen 5 x 6 mm<sup>2</sup> kaapeleita. Kaapelivalinnat löytyvät liitteestä 1.

Muihin kuin päävirtapiiriin kuuluvat kaapeloinnit toteutetaan käyttäen MMJ-, MMO- sekä erilaisia heikkovirtajohtoja. ATS-keskuksen sisäiset kytkennät toteutetaan pääosin MK- ja MKEM-johtimilla.

### **5.3.7 Polttoainejärjestelmä**

Dieselgeneraattori toimii nimensä mukaan dieselillä. GenSetissä on vakiovarusteena 40 litran polttoainesäiliö, mutta se korvataan erillisellä 100 litran polttoainesäiliöllä, joka sijoitetaan varavoimakontin nurkkaan. Järjestelmän polttoainesäiliötä halutaan kasvat-  
taa, jotta toiminta-aika saadaan kasvatettua yli vuorokauteen. Kun laite kuluttaa poltto-  
ainetta 70 prosentin kuormalla 3,8 litraa tunnissa, riittää 100 litran säiliöstä polttoainetta  
26 tunniksi. Polttoainesäiliöön kiinnitetään käsipumppu, jolla säiliön täyttö käy helposti  
suuremmasta säiliöstä. Järjestelmään rakennetaan myös varaus automaattista täyttöä  
varten. (WFM Generators 2015.)

Koko polttoainejärjestelmä rakennetaan siten, ettei polttoainetta ole mahdollista valua  
konttiin ja tätä kautta maaperään. Kaikki polttoaineletkut ovat eristettyjä ja koko järjes-  
telmä seisoo valuma-altaan päällä. Jos jokin polttoaineletku sattuu rikkoutumaan, valuu  
polttoaine suoraan valuma-altaaseen, jonka kapasiteetti riittää koko järjestelmälle.

## **6 PAKKAUS JA KOKOONPANO**

Konttia rakennettaessa tulee ottaa huomioon useita seikkoja. Tärkeintä on rakentaa laitteisto siten, että se on toimintavarma ja turvallinen käyttää kaikissa olosuhteissa ja tilanteissa.

### **6.1 Tilaoptimointi**

Konttiin tulevat komponentit pitää sijoitella järkevästi ja käytännöllisesti. Konttiin sijoitetaan generaattori, UPS, ATS-keskus sekä polttoainesäiliö. Komponentit tulee asetella siten, että kaikkien laitteiden ympärille jää niiden vaatima tyhjä tila. Sijoittelussa tulee ottaa huomioon myös jatkoa ajatellen tehtävät huoltotoimenpiteet. Komponentit tulee sijoitella niin, että kaikki huoltotyöt ovat helposti ja turvallisesti tehtävissä.

### **6.2 Lämmönhallinta**

Kontin lämpötila tulee saada pidettyä sellaisena, että järjestelmä on toimintavarma vuoden kaikkina aikoina. Kesäisin liian kuumaa konttia voidaan joutua viilentämään ulospuhalluksella, kun taas talvella peruslämpö tulee pitää noin 5-7 °C tietämällä. Peruslämpöä pidetään yllä konttiin asennettavalla sähköpatterilla. Yksi vaihtoehto olisi myös asentaa konttiin ilmalämpöpumppu, jolla peruslämmön ylläpitäminen olisi helppoa ja kesäisin kontin viilentäminen olisi mahdollista, vaikka jäähdytystarvetta ei tavallisesti ole.

### **6.3 Turvallisuus**

Konttia rakentaessa tulee ottaa huomioon käyttäjän turvallisuuteen vaikuttavat tekijät. Kontti tulee rakentaa niin, että käyttäjän on turvallista olla kontissa, vaikka generaattori olisi käynnissä. Käyttäjän turvallisuutta ajatellen huomio tulee siis kiinnittää sekä mekaanisiin että sähköisiin vaaroihin ja niiden minimoimiseen.

## 6.4 Kuljetus

Vaikka kontin onkin tarkoitus olla kiinteistön vakituinen varavoimajärjestelmä, rakennetaan se siten, että se on siirrettävissä. Näin ollen kaikki kontin lattialle asennettavat komponentit tulee kiinnittää huolellisesti niin, ettei niiden ole mahdollista liikkua konttia siirrettäessä. Kontin siirtämisestä tekee helppoa myös se, että se on liitetty kohteen sähköverkkoon vain kolmella kaapelilla. Kontin irrottaminen kohteen sähköverkosta hoituu helposti irrottamalla kontin syöttökaapeli, generaattori-varmennetun verkon kaapeli sekä UPS-varmennetun verkon kaapeli.

## 6.5 Asennus

Kontti rakennetaan siten, että sen asentaminen käyttökohteeseen olisi mahdollisimman helppoa. Konttiin tulee läpiviennit kaapeleille ja ATS-keskus, jonne kaapelit liitetään. Käyttäjän näkökulmasta asennuksien yhteydessä ei tarvitse tehdä muuta, kuin liittää kaapelit kontin ATS-keskukseen ja nauttia varavoimajärjestelmästä.

## 6.6 Kaapelointi

Kontin sisäiset kaapeloinnit toteutetaan kaapelitikkailla ja kouruilla. Päävirtapiiri ja ohjausvirtapiiri kulkevat kaapelireiteillä erillään, ettei päävirtapiiri aiheuta sähkömagneettisia häiriöitä ohjausvirtapiiriin. Kaapelireitit kulkevat pääsääntöisesti seiniä ja kattoa pitkin, mutta esimerkiksi UPS:n kaapeliläpivienti sijaitsee sen pohjassa, joten se kytetään alakautta.

## 7 TESTAUS

Tuote tulee testata huolellisesti ennen sen luovuttamista asiakkaalle. ST-käsikirja 31 määrittelee varavoimalaitteiston vaatimukset seuraavanlaisesti: ”Varavoimalaitteiston on oltava riittävän varmakäyttöinen, suorituskykyinen ja turvallinen. Se ei saa liikaa häiritä ympäristöään, ja sen on täytettävä EU:n ja Suomen viranomaisen määräykset. Varavoimalaitteiston on toimittava normaalikäytössä luotettavasti eikä se saa aiheuttaa vaaraa käyttäjilleen eikä ympäristölleen. –Ei edes sellaisessa väärinkäytössä, joka voi esiintyä normaalioloissa erehdyksen tai huolimattomuuden vuoksi.”( Sähköinfo Oy 2000, 37.)

### 7.1 Syötönvaihdot

Syötönvaihtojen tulee toimia sulavasti, niin ettei tilanteessa aiheudu vaaraa laitteistolle tai laitteiston käyttäjille. Koska tässä työssä suunniteltu varavoimajärjestelmä ei ole verkkoon tahdistuva, tulee syötönvaihto tapahtua niin, ettei kiinteä verkko ja generaattoriverkko voi olla samaan aikaan kytkettynä. Jos näin pääsisi käymään, olisi käytännössä varmaa, että osa laitteistosta rikkoutuisi. Näin ollen laitteistoa testatessa tulee todeta, ettei kyseinen tilanne ole mahdollinen. Tämä toiminta on toteutettu sähköisillä ohjauslukituksilla.

Ristiinlukitut ohjaukset takaavat myös sen, ettei varavoimalaitteisto voi syöttää jännitetä kiinteistöä normaalisti syöttävään verkkoon. Jos näin pääsisi käymään, olisi vaarana, että lähistöllä sähkökatkon aiheuttanutta vikaa korjaavat asentajat saisivat sähköiskun.

## 7.2 Käynnistyminen ja viiveet

Koska tässä työssä käytetty UPS pystyy syöttämään kuormaa 10 minuuttia, ei generaattorin käynnistymisviiveen pitäisi muodostua ongelmaksi UPS-varmennetussa verkossa. Generaattorivarmennettu verkko elää kuitenkin täysin generaattorin käynnistysviiveen mukaan.

Jotta käynnistyminen olisi nopea ja varma, tulee ST-käsikirja 31:n mukaan järjestelmän täyttää seuraavat vaatimukset

- käynnistysaika mieluiten 5 sekunnin luokkaa, enintään sallitaan 10 sekuntia
- käynnistymistodennäköisyys vähintään 99 % jo ensimmäisellä automaattisella käynnistysyrityksellä
- esilämmitys kytkettynä laitoksen on pystyttävä automaattisesti käynnistymään ympäristön lämpötilan ollessa +5 °C ja esilämmitys poiskytkettynä vastaavasti lämpötilassa +10 °C
- dieselmoottorin on käynnistytävä riippumatta siitä, mihin asentoon kampiakseli pysähtyessä on jäänyt.

### 7.3 Sähkön laatu

Kuormille syötetyn sähkön tulee olla laadultaan sellaista, että se kelpaa käytettäväksi. Jännitetasojen pitää pysyä hyvinä ja kuormituksen lisäyksestä syntyvät jännitekuopat hallittuina. Myös harmonisten jännitteiden osuus pitää pysyä pienenä. Jännitteen laadun tulee täyttää standardin SFS-EN50160A vaatimukset.

Jännitetasojen ja taajuuden laatu testataan kuormittamalla generaattoria sen nimellis-kuormalla sekä 10 % ylikuormalla.

ST-käsikirja 31:n mukaan pääjännitteen painotettu särökerroin THF (telephone harmonic factor) saa olla enintään 5 % generaattorin ollessa kuormittamaton. Tämä määräys koskee tehoaluetta 300 - 1000 kVA, mutta sitä voidaan soveltaa myös pienempää varavoimalaitteistoa testattaessa.

### 7.4 Kuormitettavuus

Varavoimalaitteistolle tehdään kuormituskokeet, jotta voidaan varmistua sen toimintavarmuudesta täydellä kuormalla. Laitteiston tulee pystyä syöttämään ongelmitta nimelliskuormaansa.

ST-käsikirja 31:n mukaan generaattorilta vaaditaan seuraavaa

- Generaattorilaitteiston on kestävä 1,5 kertaa nimellisvirran suuruinen ylivirta vähintään 30 sekunnin ajan
- Hetkellinen ylikuormitettavuus tulee olla 100 % muutaman sekunnin ajan, jolloin samalla sallitaan enintään 10 % jännitteenalenema
- Jatkuva oikosulkuvirran antokyky napaoikosulussa on oltava vähintään 2,5-kertainen nimellisvirtaansa nähden kolmen sekunnin ajan.

## **8 TALOUDELLISUUSLASKENTA**

### **8.1 Elinkaarikustannukset**

Varavoimalaitteiston elinkaarikustannukset koostuvat laitteiston huolto- sekä korjauksista, akuston ylläpidosta, polttoaineesta ja siihen kiinnitetystä pääomasta. Järjestelmän käyttöiäksi on arvioitu 15 vuotta. Laitteiston hinta, sekä huoltokustannukset ovat Suomen Diesel Voima Oy:n edustajan arvioita. Hinnat on arvioitu maaliskuussa 2015.

#### **8.1.1 Huollot**

Järjestelmä vaatii luonnollisesti vuosittaista huoltoa. Generaattorilaitteiston vuosihuolto kattaa öljynvaihdon, suodattimien vaihdon, koekäytön ja toiminnan tarkastuksen. UPS-laitteisto tulee huoltaa kahden vuoden välein. UPS:n huollossa tarkastetaan laitteiston toiminta sekä akuston kunto.

Generaattorilaitteiston vuosihuolto maksaa tarvikkeineen noin 350€ (ALV 0).

UPS-laitteiston huolto maksaa noin 500€, joten vuosikustannukseksi saadaan noin 250€ (ALV 0).

#### **8.1.2 Akut**

UPS-laitteiston oikean toiminnan varmistamiseksi, tulee sen akusto uusida viiden vuoden välein. Koska UPS-laitteessa on 30 akkua ja kappalehintaa on noin 40€, tulee 5 vuoden välein maksettavaa noin 1200€. Vuositasolla tämä tekee siis noin 240€.

#### **8.1.3 Polttoaine**

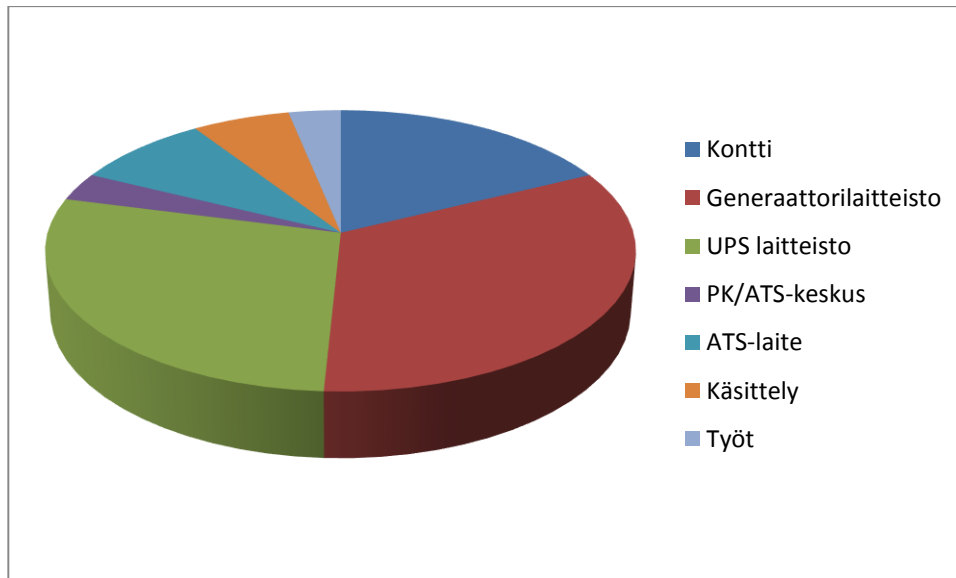
Koska generaattorilaitteiston toiminta tulee testata kuukausittain (1h/kk), kuluu koekäyttöihin vuodessa noin 45 litraa polttoainetta. Koekäyttöihin kuluu siis vuodessa noin 60 eurolla polttoainetta.

### 8.1.4 Pääoma

Koko järjestelmän hankintahinnaksi tulee noin 30 000 euroa. Jos järjestelmän käyttöikäsi arvioidaan 15 vuotta, on varavoimakontin vuosittainen pääomakustannus noin 2000 euroa. Varavoimakontin hankintahinnan eri osuudet ilmenevät taulukosta 1.

TAULUKKO 1. Varavoimakontin osien prosentuaalinen osuus hankintahinnasta

Kohde/osa	Osuus (%)
Kontti	17,7
Generaattorilaitteisto	33,1
UPS laitteisto	28,2
PK/ATS-keskus	3,2
ATS-laite	8,5
Käsittely	6,0
Työt	3,2



KUVIO 4. Hankintahinnan jakautuminen

Kuviosta 4 näkee, että hankintahinnasta suurimmat osuudet vievät generaattorilaitteisto, UPS-laitteisto sekä itse kontti. Loppuhinta jakaantuu pienillä osuuksilla ATS-laitteen, käsittelykustannusten, keskuksen ja asennustöiden kesken.

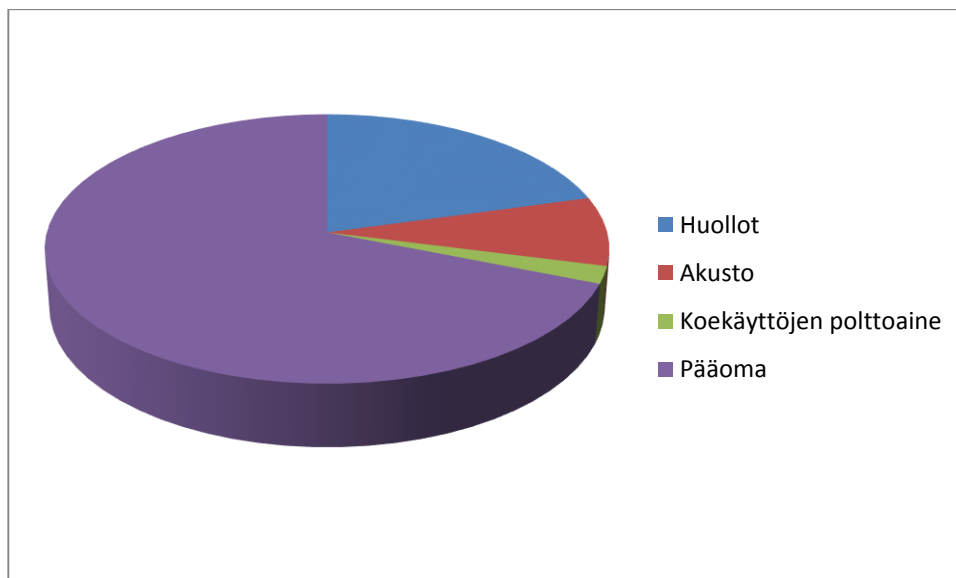


## 8.2 Takaisinmaksulaskelma

Kun laitteiston elinkaarikustannukset on laskettu yhteen, voidaan arvioida takaisinmaksuaikaa. Takaisinmaksuaikaan vaikuttaa kohteen tuotantosuunta, oletettujen keskeytysten määrä sekä erilaiset epäsuorat vaikutukset. Laitteiston vuosikustannukset sekä 15 vuoden kokonaiskustannukset selviävät taulukosta 2. Vuosikustannusten jakaantumista eri osien kesken havainnollistaa kuvio 5.

TAULUKKO 2. Laitteiston vuosikustannukset

Vuosikustannukset	€/vuosi	%
Huollot	600	20,7
Akusto	240	8,3
Koekäyttäjien polttoaine	60	2,1
Pääoma	2000	69,0
<b>Yhteensä</b>	<b>2900</b>	100,0
Kokonaiskustannus (15 v)	<b>43500</b>	



KUVIO 5. Vuosikustannusten jakautuminen

Jos laitteiston elinkaareksi oletetaan 15 vuotta, laitteisto maksaa itsensä takaisin, mikäli se säästää laitteiston haltijan joka vuosi noin 3000 euron taloudellisilta tappioilta. Vaikka varavoimalaitteisto ei tuotannollisesta näkökulmasta katsottuna säästäisi tuotantotappioilta enempää kuin sen omat vuosikustannukset ovat, on sillä myös epäsuoria vaikutuksia.

Tällaisia epäsuoria säästövaikutuksia ovat esimerkiksi vakuutusten hinnat sekä mahdolliset tuet, joiden saaminen edellyttää varavoimalaitteistoa.

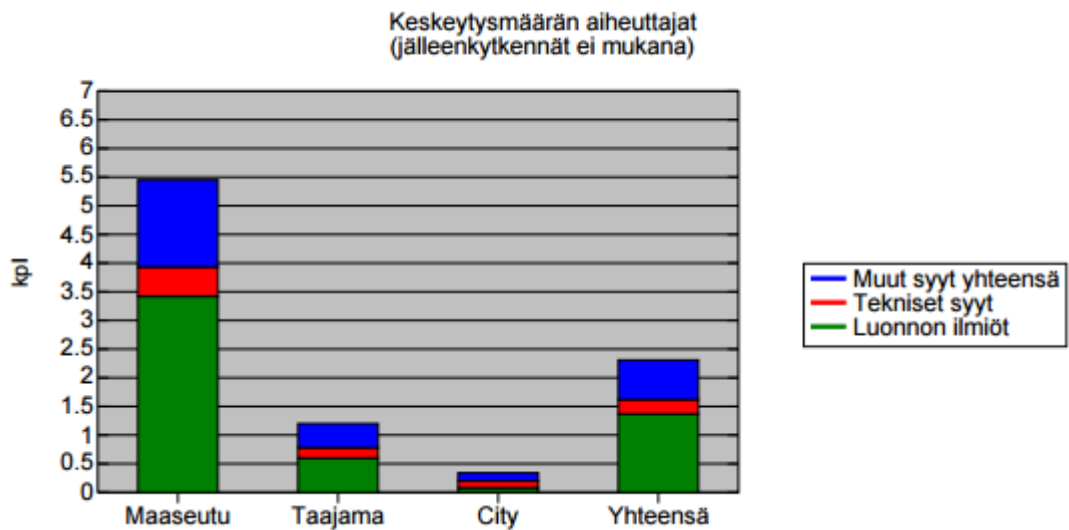
Tuotantolaitos, jolla ei ole varavoimajärjestelmää, maksaa enemmän vakuutuksistaan, kuin tuotantolaitos jolla on varavoimajärjestelmä. Tämänkaltaisen vakuutusten hinnat sovitaan kuitenkin vakuutusyhtiön kanssa aina tapauskohtaisesti, joten sen tuomia säästöjä on vaikea arvioida. (Kyselytutkimus 2015.)

Jos kotieläintilan pitäjä haluaa saada eläinten hyvinvointitukea, tulee tilan täyttää tuen myöntämisehdot, joista yksi on toimintahäiriöihin varautuminen. Käytännössä tämä tarkoittaa varavoimalaitteiston käyttöönottoa tilalla. Myös tämänkaltaiset tuet ovat tapauskohtaisia, joten niidenkin tuomaa säästöä on vaikea arvioida. (ProAgria 2014.)

Kuten jo kohdassa 2.2 on kerrottu, voi esimerkiksi siipikarjatilalla sähkökatko aiheuttaa vuorokauden aikana suuria taloudellisia tappioita. Jo pienellä broileritilalla (noin 5000 eläintä) voivat taloudelliset tappiot vuorokauden aikana kasvaa kymmeniin tuhansiin euroihin. Tappiot perustuvat eläinten ostohintaan, niiden kasvatukseen käytettyyn aikaan ja rahaan, sekä tuotantotappioihin. Jos tämänkaltaisella broileritilalla sattuu 15 vuoden aikana kolme pitkää/vakavaa sähkökatkoa ja jokaisella kerralla säästytään 15 000 euron tappioilta, maksaa laite itsensä takaisin jo pelkillä tuotantotappioilta välttymisellä.

Huomioon tulee tietenkin ottaa jo aiemmin mainitut vakuutukset, jotka korvaavat osan tuotannonkeskeytyksestä aiheutuvista vahingoista, mutta koska vakuutusten kattavuudet ja hinnat ovat tapauskohtaisia, vakuutusten osuutta takaisinmaksulaskelmissa on vaikea arvioida.

Energiäteollisuuden tekemän tutkimuksen mukaan maaseudulla sattui vuonna 2013 keskimäärin 5,5 sähkökatkoa asukasta kohden. Sähkökatkojen määrät ja aiheuttajat näkyvät kuviossa 6. (Energiäteollisuus 2014.)



KUVIO 6. Keskeytysmäärät ja aiheuttajat vuonna 2013 (Energiäteollisuus 2014)

Näistä keskeytyksistä kuitenkin vain 25 % olivat pitkäkestoisia vikoja. Loput, eli 75 % vioista selvitettiin siis PJK:lla (pikajälleenkytkentä) ja AJK:lla (aikajälleenkytkentä). Keskeytysmäärän jakauma ilmenee kuviosta 7.



KUVIO 7. Keskeytysmäärän jakauma (Energiäteollisuus 2014)

Voidaan siis olettaa, että maaseudulla toimiva yrittäjä kohtaa suurella todennäköisyydellä yhden pitkän sähkökatkon vuodessa. Näin ollen, jos yrittäjä säästyy varavoimallisten ansiosta joka vuosi 5000 euron tuotantotappioilta, on laitteisto maksanut itsensä takaisin jo yhdeksässä vuodessa.

## 9 POHDINTA

Opinnäytetyötä aloitettaessa oli tarkoituksena toteuttaa projekti suunnittelusta testaukseen, mutta yrityksestä johtuvista tuotannollisista syistä työ jäi vain suunnitelmaksi. Vaikka varavoimakontin fyysinen toteutus jäikin uupumaan, tuli opinnäytetyöhön paljon sisältöä. Sähkösuunnitelmien lisäksi tehdyt taustatutkimukset varavoimalaitteistoista, niiden käyttökohteista ja erilaisista sovellutuksista kasvattivat opinnäytetyön laajuutta. Suurin osa kontin komponenteista on jo hankittu, joten kontti tullaan kuitenkin rakentamaan lähitulevaisuudessa.

Ilmastonmuutoksen vaikutukset näkyvät myös Suomessa sään ääri-ilmiöiden voimistumisena. Vaikka sähköverkkoa pyritään jatkuvasti uudistamaan ja rakentamaan toimintavarmemmaksi, maaseutuverkko on hyvin haavoittuvainen vielä seuraavat vuosikymmenet. Tämä lisää varavoimalaitteistojen tarvetta jatkuvasti.

Pienten maatalojen kannattamattomuus on myös lisännyt dieselkäyttöisen varavoimalaitteistojen hankintaa, sillä toimintaansa jatkavat ja laajentavat, suuret maatilat tarvitsevat entistä järeämpiä varavoimalaitteistoja tiloilleen. Aikaisemmin käytössä olleet traktorigeneraattorit alkavat jäädä pieniksi nykyisten suurmaatalojen käytössä. Opinnäytetyössä käsitelty, katkeamaton varavoimajärjestelmä on nykypäivän maataloilla hyvin tarpeellinen, sillä maataloilla on huomattava määrä laitteistoja jotka häiriintyvät jo lyhyistä sähkökatkoista.

## LÄHTEET

ComAp. 2015. Products. ATS controllers. Luettu 9.4.2015.

<http://www.comap.cz/products/detail/inteliats-nt-pwr/#lightbox/0/>

Coromatic Oy. 2015. Varavoimakoneet. Luettu 15.1.2015.

[http://coromatic.fi/tuotteet/varavoimakoneet?gclid=Cj0KEQjwi-moBRDL4Omf9d\\_LndMBEiQAQtFf82sDpZIOiZggag\\_glbC0PcwjjZlXdTJf39P3mVnNGvcaAp1u8P8HAQ](http://coromatic.fi/tuotteet/varavoimakoneet?gclid=Cj0KEQjwi-moBRDL4Omf9d_LndMBEiQAQtFf82sDpZIOiZggag_glbC0PcwjjZlXdTJf39P3mVnNGvcaAp1u8P8HAQ)

Eaton. 2012. UPS käsikirja. Luettu 1.4.2015.

[http://pqlit.eaton.com/ll\\_download\\_bylitcode.asp?doc\\_id=24030](http://pqlit.eaton.com/ll_download_bylitcode.asp?doc_id=24030)

Energiateollisuus. 2014. Yleistietoa häiriöistä. Luettu 19.1.2015.

<http://energia.fi/sahkomarkkinat/hairiot/yleistietoa-hairioista>

EURO-DIESEL. 2014. Media. EURO-DIESEL launches the next generation diesel rotary ups system. Luettu 9.4.2015.

<http://www.euro-diesel.com/english/euro-diesel-launches-the-next-generation-diesel-rotary-ups-system/186/2>

Energiateollisuus. 2014. Sähkön keskeytystilasto 2013. Luettu 31.3.2015.

[http://energia.fi/sites/default/files/dokumentit/sahkomarkkinat/Sahkoverkko/keskeytystilasto\\_2013.pdf](http://energia.fi/sites/default/files/dokumentit/sahkomarkkinat/Sahkoverkko/keskeytystilasto_2013.pdf)

FinGen Oy. 2015. Suunnittelu. Luettu 20.3.2015.

<http://www.fingen.fi/suunnittelu/>

General Electric Company. 2015. GE Energy Storage. Luettu 25.2.2015.

<https://renewables.gepower.com/energy-storage/overview/energy-storage-101.html>

General Electric Company. 2014. GE – User Manual SG Series 2014.

General Electric Company. 2014. GE Training Center Riazino. Koulutusmateriaali.

HSA Oy. 2015. Traktorigeneraattorit. Luettu 21.1.2015.

<http://hsaoy.com/aggregaatit/poweri/Traktorigeneraattorit/index.htm>

Huoltovarmuusorganisaatio. 2013. Vesihuoltolaitoksen sähkösaannin varmistaminen. Luettu 31.3.2015.

<http://www.huoltovarmuus.fi/static/pdf/709.pdf>

JIS-Automation Oy. 2015. Luettu 31.3.2015.

<http://www.jis-automation.fi/>

Kaleva Oy. 2008. Uutiset. Kotimaa. Luettu 18.2.2015.

<http://www.kaleva.fi/uutiset/kotimaa/aktivistit-tukehduttivat-ainakin-2-000-kanaanarpioissa/339967/>

Kuopion Energia. 2015. Sähkölaskuri.

[http://www.kuopionenergia.fi/sahkokauppa/sahko\\_kotitaloudet/sahkolaskuri](http://www.kuopionenergia.fi/sahkokauppa/sahko_kotitaloudet/sahkolaskuri)

kW-set Oy. 2015. A. Varavoimalaitteet. Traktorigeneraattorit. Luettu 9.4.2015  
<http://www.kwset.fi/pages/varavoimalaitteet/traktorigeneraattorit.html>

kW-set Oy. 2015. B. Varavoimalaitteet. DRUPS-laitteistot. Luettu 13.3.2015.  
<http://www.kwset.fi/pages/varavoimalaitteet/DRUPS.html>

Kyselytutkimus. 2014. Veli-Jussi Ojaniemi. Maidontuottaja. Haastateltu 20.12.2014.

Kyselytutkimus. 2015. Timo Mäntysalo. Luomubroileriyrittäjä. Haastateltu 9.4.2015.

ProAgria. 2014. Eläinten hyvinvointituki. Luettu 19.3.2015.  
<https://etela-pohjanmaa.proagria.fi/sisalto/elainten-hyvinvointituki-2137>

Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriö. 2015. Valmiusasiat. Viranomaisradioverkko. Luettu 9.4.2015  
<http://www.stm.fi/valmius/virve>

Suomen Diesel Voima Oy. 2015. Luettu 31.3.2015.  
<http://www.dieselvoima.fi/yhteys>

Suomen Erillisverkot Oy. 2014. Erve uutiset. Luettu 9.4.2015  
<http://erveuutiset.erillisverkot.fi/palvelut/turvallista-luolatilaa-yhteiskunnan-tarpeisiin/>

Sähköinfo Oy. 2000. ST-käsikirja 31 – varavoimalaitokset. 3., uusittu painos.

Sähköinfo Oy. 2012. D1-2012. 19., uudistettu painos.

Tekniikka & Talous. 2015. Luettu 1.4.2015.  
<http://www.tekniikkatalous.fi/ict/tesla%20aikoo%20julkasta%20akun%20asuntojen%20virtalahteen%20valmis%20tuotantoon%20muutamassa%20kuukaudessa/a1048461?fail=f>

Viestintävirasto. 2015. Teletoiminta ja teleyritys. Teletoiminnan vaatimuksia. Luettu 1.4.2015.  
<https://www.viestintavirasto.fi/ohjausjavalvonta/ohjauksenjavalvonnankohteetjattavat/tulointaohjeitaomijoistajapalveluista/teletoimintajateleyritys.html>

VirtuaaliAMK - verkosto. 2015. Avoimet oppimateriaalit. Luettu 17.2.2015.  
[http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/material/attachments/vanhaamk/etuotanto/5hNnu5RxX/tehomitoitus\\_asuinkiinteisto.pdf](http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/material/attachments/vanhaamk/etuotanto/5hNnu5RxX/tehomitoitus_asuinkiinteisto.pdf)

Voimalaite Service Oy. 2015. Käyttökohteita. Luettu 19.1.2015  
<http://www.voimalaiteservice.com/>

Witraktor. 2014. Moottorit ja energiantuotanto. Varavoima. Luettu 20.1.2015  
[http://www.witraktor.fi/moottorit/Generaattorit/fi\\_FI/varavoima/](http://www.witraktor.fi/moottorit/Generaattorit/fi_FI/varavoima/)

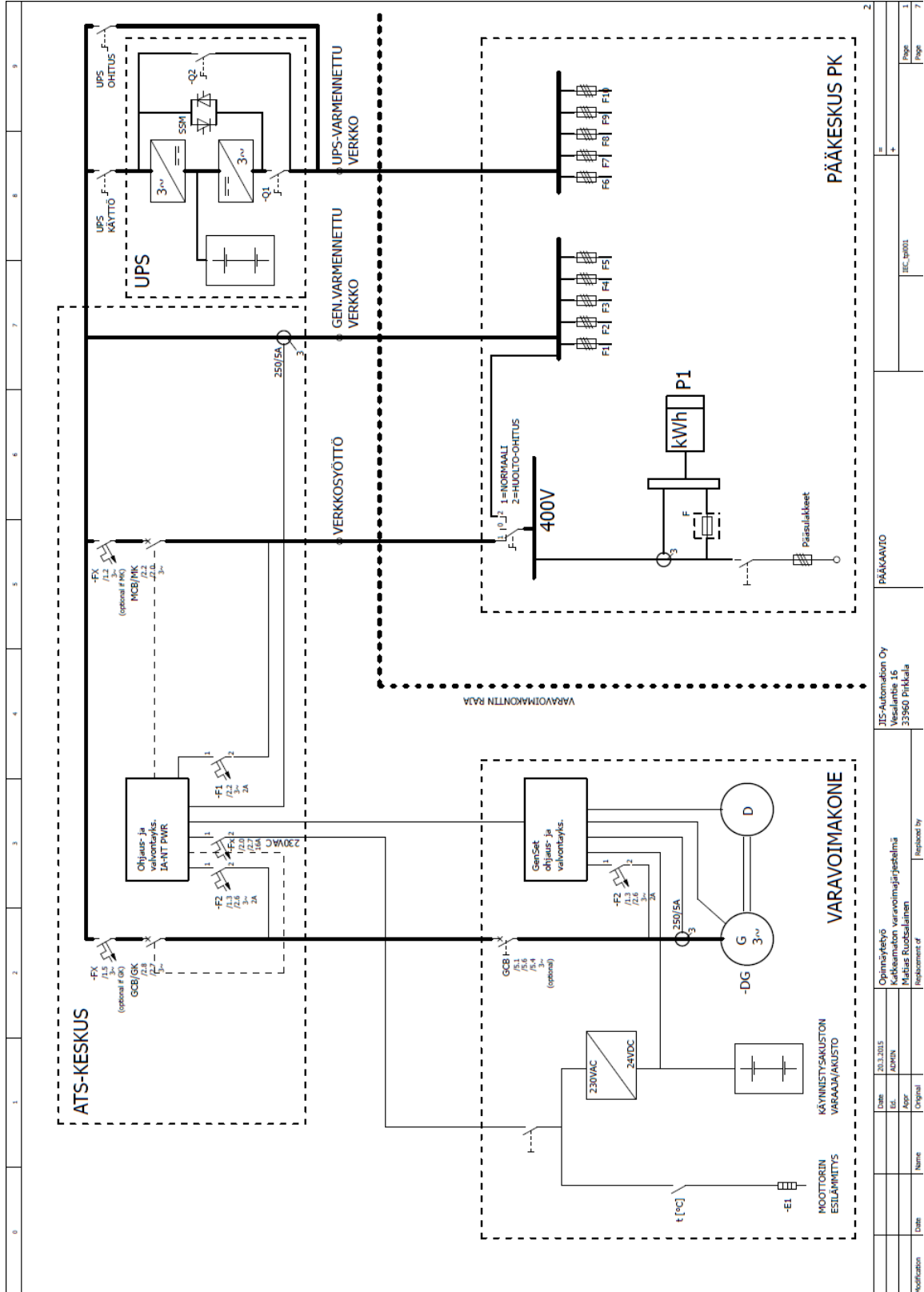
WFM Generators. 2015. Products. Luettu 30.3.2015.  
<http://www.wfm.it/en/products-wfm/>

# LIITTEET

## Liite 1. Sähkökuvat

### Pääkaavio

1(7)



Modification	Date	Name	Original
	20.1.2015	ADMIN	
		APPR	
		Original	

Replacement of	Replaced by
Optimointiyhtiö Kalkkimaan varavoimajärjestelmä Maibus Ruotsalainen	JIS-Automation Oy Vesilantie 16 33360 Pirkkala

Page	Page
1	7









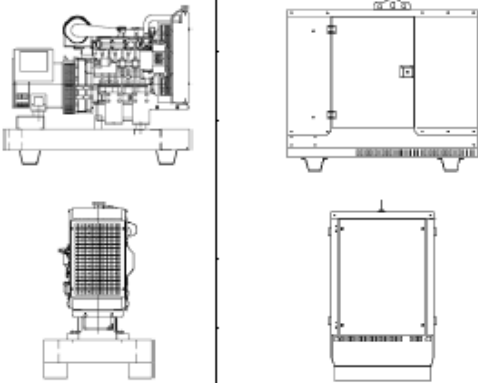
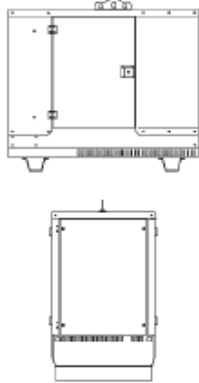


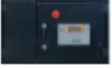








## Liite 2. Generaattorin datalehti

						
GRUPPO ELETTROGENO GENERATING SET GROUPE ELECTROGENE		50 Hz	60 Hz	D230LDEW	M230LDEW	
Tensione Voltage Voltage	Volt	400 / 231	220 / 127	Versione aperta Open version Version ouverte	Versione insonorizzata Soundproof version Version insonorisée	
Potenza servizio continuo Continuous power Puissance service continu	kVA	20,0	24,0			
Potenza servizio emergenza Stand by power Puissance service secours	kVA	22,0	26,4			
Fattore di potenza Power factor Facteur de puissance		cos φ 0,8				
Potenza servizio continuo Continuous power Puissance service continu	kWe	16,0	19,2			
Potenza servizio emergenza Stand-by Power Puissance service secours	kWe	17,6	21,1			
Consumo combustibile carico 70% Fuel consumption 70% load Consommation combustible 70% charge		3,8 l/h	4,3 l/h			
MOTORE ENGINE MOTEUR	giri/min rpm tr/min	1500	1800	ALTERNATORE ALTERNATOR ALTERNATEUR	giri/min rpm tr/min	
Modello Model Modèle				Modello Model Modèle		
Potenza servizio continuo Continuous power Puissance service continu	KWm	18,4	21,6	Potenza servizio continuo Continuous power Puissance service continue	40°C 20 kVA	
Potenza servizio emergenza Standby power Puissance service secours	KWm	20,3	23,9	Efficienza massima Max efficiency Rendement maximal	87,9 %	
Aspirazione Aspiration Aspiration		Naturale Natural Naturelle		Excitatrice Exciter Excitatrice pivotante	Senza spazzole – ponte di diodi Brushless – edge of diodes Sans balais – pont de diodes	
Raffreddamento Cooling system Refroidissement		Acqua Water Eau		Morsetti Wires Fils	12	
Regolatore di giri Speed governor Régulateur de vitesse		Meccanico Mechanical Mécanique		Corrente di cortocircuito Short-circuit current Courant de court-circuit	300%: 10 s	
Numero cilindri Cylinders number Nombre des cylindres		4		Poli Poles Pôles	Fasi Phases Phases	
Cilindrata Displacement Déplacement		2.216 cm <sup>3</sup>		Isolamento Insulation Isolation	Protezione Protection Protection	
Alesaggio x corsa Bore x stroke Alésage x course		84 X 100 mm		Regolatore di tensione Voltage regulation Régulation du voltage	AVR	
INFORMAZIONI LOGISTICHE LOGISTIC INFORMATION INFORMATIONS LOGISTIQUES				QUADRO ELETTRICO CONTROL PANEL COFFRET DE COMMANDE		
	Serbatatoio Fuel tank Réservoir	Peso Weight Poids	Dimensioni Dimensions Dimensions			Manuale standard Manual standard Manuel standard
	l	Kg	cm (L x W x H)			
D230-LDEW	40	470	132	70	110	
M230-LDEW	75	600	150	80	133	QM120

(WFM Generators 2015)