

Pekka Muukkonen

Pienveneen vaihtosähköjärjestelmä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

9.5.2014

Tekijä Otsikko	Pekka Muukkonen Pienveneen vaihtosähköjärjestelmä
Sivumäärä Aika	28 sivua 9.5.2014
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaaja	Lehtori Eero Kupila
<p>Insinööriyön tavoitteena oli selvittää erilaisia vaihtoehtoja vaihtosähköjärjestelmän toteuttamiselle pienveneessä. Selvitystyö lähti liikkeelle tarpeesta lämmitellä ruokaa mikroaaltouunilla veneessä.</p> <p>Työn teoriaosuudessa tutustutaan pienveneidän sähköistystä koskeviin kansainvälisiin standardeihin sekä vaihtosähköjärjestelmän toteutustapoihin ja vaihtoehtoihin. Maasähköstä sekä sähköntuotannosta ja varastoinnista pienveneissä kerrotaan yleistietoa ja tuodaan esille joitain tärkeitä asioita käytön kannalta veneilyssä.</p> <p>Lopputuloksena työssä esitellään muutamia realistisia vaihtoehtoja pienveneen sähköistämiseksi työn tilaajalle. Vaihtoehtoina on esitelty itse rakennettava järjestelmä sekä kaupallinen sovellus, joista on listattu niiden sisältämät sähkötarvikkeet sekä arvioitu niiden kustannuksia.</p>	
Avainsanat	pienvene, maasähköjärjestelmä, maasähkö, vaihtosähkö

Author Title	Pekka Muukkonen Alternating Current Systems for Small Crafts
Number of Pages Date	28 pages 9 May 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructor	Eero Kupila, Senior Lecturer
<p>The purpose of this work was to find different kinds of choices for an AC system that is to be installed on a small craft. The demand for this kind of project came from the idea to heat up food for a child with microwave oven, while sailing on waters.</p> <p>The theory part of this work introduces standards for small crafts and presents ways how systems are implemented and what kind of choices there are to choose from. Also different kinds of methods to produce and store electricity while sailing are presented and some important things about the usage of electricity on small crafts are brought up.</p> <p>As a result there are suggestions of a few realistic choices on how to implement the AC system for small craft owned by the person who commissioned this project. The first one is self-made and planned system that needs a bit work to get it working and the other one is a commercial package. There are also rough estimates on how much these systems would cost.</p>	
Keywords	Small Craft, Shore Power Systems, Alternate Current

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Maasähköjärjestelmä	1
2.1	Maasähköjärjestelmä satamassa	2
2.2	Maasähköjärjestelmä vesillä	3
3	Tehonlähteet ja tuotantotavat	3
3.1	Generaattori	4
3.1.1	Dieselgeneraattori	4
3.1.2	Hihnavetoinen generaattori	4
3.1.3	Tuuligeneraattori	5
3.2	Sähkön varastointi	5
3.2.1	Lyijyakku	6
3.2.2	AGM-akku	7
3.2.3	Akun talvikunnossapito	7
3.3	Invertteri	8
3.3.1	Standardin vaatimukset invertterille	9
3.4	Aurinkopaneeli	10
4	Sähkönkäyttö	12
5	Maasähköjärjestelmän kytkentä	13
5.1	Maasähköjärjestelmän maadoitus	15
5.2	Ohjauspaneelit	16
5.3	Kytken- ja ohjauspaneelit	16
5.4	Paloturvallisuus	18
5.5	Järjestelmän suojaus	18
5.6	Järjestelmän johdotus	18
5.7	Johtimien asennus	19
5.8	Kytken- ja ohjauspaneelit	21
5.9	Kaapelin pistokkeet ja pistorasiat	21
6	Moottorivene Flipper 717C	22
6.1	Veneen sähköinen kuorma	23

6.2	Maasähköjärjestelmä	24
6.2.1	Itse suunniteltu maasähköjärjestelmä	24
6.2.2	Maasähköjärjestelmän mitoitus	25
6.2.3	Maasähköjärjestelmän kytkentä	25
6.2.4	Maasähköjärjestelmän kustannukset ja hinta	27
6.3	Kaupallinen sovellus	27
6.4	Aurinkopaneeli	27
6.5	Huviveneiden sähköasennukset	28
7	Johtopäätelmät	28
	Lähteet	29

Lyhenteet

ISO International Organization for Standardization

IEC International Electro technical Commission

AC Alternate current (vaihtovirta)

DC Direct current (tasavirta)

VVSK Vikavirtasuojakytkin

IP International Protection

1 Johdanto

Tässä insinööriyössä selvitetään yksivaiheisen 230 V:n vaihtosähköjärjestelmän toteutusvaihtoehtoja hieman alle 10 m:n pituiseen pienveneeseen, tutustutaan sähkön tuotantotapoihin ja varastointiin sekä pienveneiden sähköistykseen tarkoitettuihin standardeihin. Yleisesti pienveneissä käytetään 12 V:n ja 24 V:n sähköjärjestelmiä, mutta nykyisin voidaan sähköjärjestelmä toteuttaa myös 230 V:n jännitteellä niin satamassa kuin seilatessa vesillä. Toteutusvaihtoehdot ovat käytännössä invertteri ja generaattori. 12 V:n ja 24 V:n järjestelmään voidaan lisätä uusia tehonlähteitä tukemaan akkujen lataamista.

Työssä käydään myös läpi standardit, jotka sisältävät vaatimukset tarvittaville sähkökalusteille ja laitteille, mitoituksen, asennustavat sekä turvallisuuteen ja käytettävyyteen liittyviä asioita. Lisäksi käydään läpi vaihtoehdot veneen sähköistykseen 12 V:n DC- ja 230 V:n AC-järjestelmällä. Lopuksi tehdään pienimuotoista suunnittelua ja laskelmia eräälle Flipper merkkiselle 90-luvulla valmistetulle veneelle sekä esitellään realistisia vaihtoehtoja veneen sähköistykseen käyttäen omaa sekä kaupallista järjestelmää esimerkkinä.

2 Maasähköjärjestelmä

Maasähköllä ei tarkoiteta maata tai vettä pitkin siirrettävää sähköä, vaan sähköjärjestelmää, jonka avulla veneissä voidaan käyttää edullisesti tuotettua 230 V:n vaihtosähköä maan sähköverkosta. Vanhempiin pienveneisiin ei ole yleensä asennettu maasähköjärjestelmää, jolloin joudutaan turvautumaan 12 V:n järjestelmään. Maasähköjärjestelmä on ollut saatavana lisävarusteena jo pidemmän aikaa. Suuremman kokoluokan veneissä maasähköjärjestelmä on nykyään jo vakiovaruste sen yleistymisen myötä.

Laivoilla sekä suuremmissa veneissä on omat apumoottorit ja generaattorit, joilla voidaan tuottaa 230 V:n vaihtojännite. Sähkön tuottaminen satamassa aiheuttaa kuitenkin melua ja mahdollisia saastepäästöjä ympäristöön. EU:n alueella on tehty ehdotuksia sekä päätöksiä maasähkön käytön edistämisestä sekä tukemisesta verohelpotuksin

sekä investointituin. Maasähkön käytön edistäminen on otettu esille myös EU:n komission Itämeren sekä muita merialueita koskeissa julkaisuissa.

Verohelpotuksilla maasähköstä tehdään halvempi sekä kustannustehokkaampi ratkaisu alusten sähköistämiseksi satamissa. Maasähkölaitteiden asennus maksaa huomattavia summia sekä laivaliikenteen toimijoille että satamille. Maasähkölaitteiden räätälöidään aluksen tyyppiin, koon sekä tehonkulutuksen mukaan. Matkustaja-alukset kuluttavat rahtialuksia enemmän sähkötehoa, jolloin investoinnista maasähkölaitteiden on enemmän hyötyä matkustaja-aluksille. Kustannukset voivat nousta yli miljoonan euron laitteen koosta riippuen. Tästä syystä on vielä investointituet, jotka ovat suunnattu sekä meriliikenteen aluksille sekä satamille.

Maasähkön käyttö pienentää saastepäästöjä sekä meluhaittoja satama-alueella. Tästä syystä maasähkö on parempi ja ympäristöystävällisempi vaihtoehto, ja siksi mm. Helsingin Katajanokan satamassa on otettu vuonna 2012 käyttöön maasähkölaitteiden melu ja saastepäästöjen vähentämiseksi. Maasähköstä on saatu positiivisia kokemuksia Helsingin sataman tekemän selvityksen mukaan, joka valmistui vuoden 2013 lopulla. Maasähkölaitteita löytyy myös muista Suomen satamista mm. Kotkasta, Kemistä sekä Oulusta.

Maasähkölaitteiden ja yleisesti veneiden vaihtosähkölaitteiden on koottu kansainvälinen standardi ISO 13297 sekä tasasähkölaitteiden standardi ISO 10133. Standardit on tarkoitettu pienveneille, joiden rungon pituus on alle 24 m ja käytössä on yksivaiheinen alle 250 V:n vaihtosähkölaitteiden tai alle 50 V:n tasasähkölaitteiden. [1; 2; 3, s. 1.]

2.1 Maasähkölaitteiden satamassa

Satamaan saapuessa ennen maavirtakaapelin kytkemistä veneen muut tehonlähteet sammutetaan tai kytketään irti veneen maasähkölaitteiden. Näin vältetään mahdolliselta oikosululta. Veneen maasähkölaitteiden otetaan sähkönsyöttö maista maavirtakaapelia pitkin, joka on kytketty sataman pistorasiaan. Sähköä käytetään pääasiassa akkujen lataamiseen ja veneessä olevien sähkölaitteiden käyttämiseen.

Maasähköjärjestelmä on käytännössä erittäin työstetty versio rakennusten sähköjärjestelmästä. Sähkö tuodaan ensin syöttöjohtoa pitkin sataman pistokkeesta maasähköjärjestelmän ohjauspaneeliin, joka toimii myös keskuksena veneessä oleville kytkennöille. Ohjauspaneelista sähkö jaetaan pistorasioille ja edelleen niihin kytketyille sähkölaitteille. Maasähkö lisää huomattavasti veneessä oleskelun mukavuutta. [3, s. 17.]

2.2 Maasähköjärjestelmä vesillä

Satamasta poistuttaessa maavirtakaapeli kytketään irti, jolloin maasähköjärjestelmä tarvitsee uuden tehonlähteen siihen kytketyille sähkölaitteille. Ei ole merkitystä, mistä lähteestä teho otetaan, kunhan tehonlähde pystyy ylläpitämään jännitetasoa sekä syöttämään sähkölaitteiden tarvitseman tehon. Maasähköjärjestelmä toimii muuten samalla lailla kuin satamassa oltaessa. Veneeseen ei ole pakko asentaa erillistä tehonlähdettä, jos maasähköjärjestelmää ei halua käyttää, tai se ei tule itselleen tarpeeseen vesillä ollessa. Tällöin käytetään veneen omaa alle 12 V:n tai 24 V:n tasasähköjärjestelmää, joka ei ole kytköksissä maasähköjärjestelmään. [3, s. 17; 4; 5.]

3 Tehonlähteet ja tuotantotavat

Tehonlähteinä veneessä voidaan käyttää yhtä tai useampaa maasähkökaapelia, joka on mitoitettu maasähköjärjestelmän komponenttien ja käytettävän tehon perusteella. Muita vaihtoehtoja ovat esimerkiksi invertteri, jolle syötetään tehoa veneen tasasähköjärjestelmästä, veneen moottoriin kytketty sähkögeneraattori tai vastaava. Voidaan käyttää myös näiden kaikkien yhdistelmää. Käytännössä pidetään vain yksi tehonlähde kiinni järjestelmässä kerrallaan. Maasähköjärjestelmä voidaan myös suunnitella niin, että tehonlähteitä voidaan yhdistellä ja käyttää samaan aikaan. Tällöin tarvitaan erilaisia suojuuksia, jotka pitävät huolen, etteivät tehonlähteet oikosulje toisiaan käytön aikana. Tehonkulutus veneellä ei tule olla suurempi kuin mitä maavirtakaapelilla tai maavirtakaapelin ja toisella tehonlähteellä voidaan yhdessä turvallisesti siirtää. [3, s.12.]

3.1 Generaattori

Generaattori on sähkökone, joka syöttää tehoa verkkoon päin. Generaattoria pyöritetään ulkoisella voimalla, joka saadaan aikaiseksi käyttämällä esimerkiksi polttoaineella toimivaa voimakonetta tai luonnossa esiintyvää voimanlähdettä, kuten tuulen tai veden liikettä. Generaattorin roottoria pyöritetään magneettikentässä, jolloin muodostuu vaihteleva tai tasainen jännite generaattorin ulosottonapoihin riippuen generaattorin tyypistä. Generaattorilla voidaan tuottaa käytännössä 12 V:n ja 24 V:n tasasähköä tai 230 V:n vaihtosähköä veneen tai generaattorin oman moottorin avulla riippuen generaattorisovelluksesta. Nykyään on kaupallisia sovelluksia valmiina helposti asennettavina paketteina, jotka sisältävät kaiken, mitä tarvitaan. [6; 7; 8.]

3.1.1 Dieselgeneraattori

Dieselgeneraattori on polttomoottorin ja generaattorin valmiiksi kasattu yhdistelmä. Sillä voidaan tuottaa generaattorin koosta riippuen esimerkiksi 1 - 50 kVA. Järjestelmässä on usein vesi- tai öljyjäähdytys, joka vaatii ylimääräistä tilaa. Generaattori tarvitsee oman polttoaineen ja tilaa polttoaineen säilytykseen, jos veneessä ei ole dieselmoottoria pääkoneena. Generaattorit aiheuttavat ympäristöön jonkin verran melua sekä päästöjä pakokaasun muodossa. Toiminta nopeus on yleensä 1 500 - 3 500 rpm, jolloin maksimi ulostuloteho saavutetaan suurimmilla pyörimisnopeuksilla.

Nykyään laitevalmistajilta on saatavana valmiita järjestelmiä, johon kuuluu mm. invertteri ja ohjausyksikkö. Ohjausyksikköön voidaan kytkeä veneen akusto ja maavirtakaapeli. Tällöin kyseessä on jo periaatteessa valmis maasähköjärjestelmä. [7.]

3.1.2 Hihnavetoinen generaattori

Hihnavetoinen generaattori soveltuu käytettäväksi autoissa ja veneissä. Pienellä hihnavetoisella generaattorilla voidaan tuottaa useita kilowatteja sen koosta riippuen. Jännitteen vaihtelu on yleensä noin 5 % 230 V:n ja taajuuden noin 0,05 % 50 Hz:n molemmin puolin. Hihnavetoisia generaattoreita on myös 12 V:n ja 24 V:n sovelluksina, jolla voidaan käyttää suoraan tasasähköjärjestelmää tai ladata esimerkiksi akkuja. Dynawatt merkkiset generaattorit on suunniteltu ja rakennettu siten, että ulosottotaajuus

on moottorin kierrosnopeudesta riippumaton. Tämä ominaisuus luultavasti löytyy muidenkin valmistajien sovelluksista.

Hihnavetoinen generaattori on dieselgeneraattoria parempi vaihtoehto, mikäli vene ei ole kovin suuri, tehontarve pieni tai veneessä ei ole paljon vapaana olevaa tilaa. Hihnavetoisen generaattorin hankinnassa tulee huomioida generaattorin viemä tila moottorin vierestä sekä sen kiinnitys. Veneen moottorin täytyy luonnollisesti olla päällä, jotta generaattorilla voidaan tuottaa sähköä. On olemassa kaupallisia järjestelmiä, joissa on akkulaturi, invertteri ja sähkönsyötön ohjaus samassa paketissa, jolloin 230 V voidaan toteuttaa myös ilman moottorin päällä pitoa. [8.]

3.1.3 Tuuligeneraattori

Merellä ja järvellä tuulee suurimman osan ajasta, kuten muillakin laakeilla alueilla. Tästä syystä tuuligeneraattori on yksi vartenotettava vaihtoehto sähkön tuottamiseksi. Käytännössä pienveneeseen sopii vain 12 V tai 24 V tuottava tuuligeneraattori. Siipien kärkivälit ovat halkaisijaltaan noin puoli metriä ja tarvitsevat vähintään 3 m/s puhaltavan tuulen tuottaakseen riittävästi tehoa. Aurinkopaneeleiden tavoin tuuligeneraattori vaatii lataus säätimen ohjaamaan akun lataamista.

Tuuligeneraattorit eivät pysty tuottamaan sähköä, jos tuulen nopeus laskee liian alhaiseksi tai kasvaa liian suureksi. Ulosottoteho on riippuvainen tuulen nopeudesta. Jokaisella generaattorilla ja sen laparakenteella on oma maksimi pyörimisnopeus. Suurin sallittu tuulen nopeus pienille tuuligeneraattoreille voi olla suuruusluokaltaan 25 - 55 m/s riippuen sen ominaisuuksista. Tuuligeneraattori asennetaan veneen mastoon, tukevaan telineeseen tai tankoon. Kuten muidenkin generaattoreiden kohdalla, tuuligeneraattorista aiheutuu häiritsevää melua. [9.]

3.2 Sähkön varastointi

Akut ovat käytännössä ainoa tapa säilöä sähköä myöhempää käyttöä varten. Sähkö varastoidaan yleensä 12 V:n, 24 V:n tai muun jännitetason akkuihin, riippuen järjestelmän jännitteestä. Akkuja voidaan ladata laturilla, lataus säätimellä tai ilman. Akun kapasiteetti ilmoitetaan ampeeritunteina (Ah), joka ilmaisee, kuinka paljon ampeereita

voidaan tunnin ajan ottaa akusta, kunnes se tyhjenee. Näin siis teoriassa. Akun kapasiteetista voidaan käyttää 35 % - 70 % riippuen akun tyypistä ilman, että akun varaustaso ja jännitetaso laskevat liian alhaiseksi. Joitain nykyaikaisia akkuja voidaan syväpurkaa ilman akun rikkoutumisen vaaraa.

Akun mitoitukseen vaikuttaa akun tyyppi. Erilaiset akkujen sisäiset metalliseokset latautuvat ja purkautuvat eri tavalla.

Veneisiin asennettavien akkujen olisi hyvä kestää moottorin käymisen aiheuttamaa värinää sekä aaltojen aiheuttamaan veneen kallistumista. Edullisimmat akut saattavat veneen kallistuessa vuotaa akkunestettä, joka ei ole akun käyttöön kannalta hyvä asia. Tästä syystä veneisiin on suunniteltu omat akut, jotka kestävät paremmin värinää ja 45 ° kallistumisia. Veneakut ovat huomattavasti kalliimpia kuin tavalliset akut ja niiden tarpeellisuus harrastelijakäytössä on hieman kyseenalainen.

Akut ovat ympäristöjätettä, jotka täytyy toimittaa niille tarkoitettuihin vastaanottopisteisiin, kun akku on tullut tiensä päähän. Veneissä on yleensä käynnistysakku ja niin sanottu huviakku. Käynnistysakkua käyttää vain veneen moottori ja huviakkua veneen sähkölaitteet. Akkuja voi olla enemmän kuin kaksi. Akkujen määrä määräytyy pääasiassa veneen sähkölaitteiden tehonkulutuksen suuruudesta. Käynnistysakun ja huviakun välille voidaan kytkeä diodit jotka estävät käynnistysakun purkautumisen. Diodit asennetaan akkujen positiivisiin napoihin. [10.]

3.2.1 Lyijyakku

Lyijyakku on yli 100 vuotta sitten kehitelty akku, joka on edelleen käytössä. Sähkö varataan akun sisällä oleviin lyijylevyihin, jotka on peitetty noin 37 %:lla rikkihapolla. Tyypillinen latausjännite on noin 13,2 V - 15 V. Akkua ei saa ladata korkeammalla jännitteellä sen räjähdysvaaran vuoksi. Lataus säädin pitää huolen, ettei maksimi latausjännite ylitä, joka on suunnilleen akusta riippuen noin 14 V - 15 V. Ympäristön lämpötila muuttaa tätä arvoa.

Liian suuri latausjännite kuumentaa akkua, jolloin muodostuu räjähdyskaasuja sekä painetta akun sisälle. Akun ylikuumentuminen johtaa väistämättä sen rikkoutumiseen sekä aiheuttaa välittömän räjähdysvaaran. Räjähdyksensä akku syöksee syövyttävää

happoa ja lyijyä ympärilleen, joka silmiin tai iholle joutuessa saattaa johtaa vakaviin vammoihin. Tästä syystä on turvallisempaa käyttää lataus säädintä. Akut muodostavat kaasuja myös normaalin latauksen ja purkautumisen aikana, jolloin akkujen säilytystilan tuuletuksesta täytyy huolehtia.

Kunnossa olevan lyijyakun jännitetaso laskiessa alle noin 11 V:n on akku lähes tyhjä. Akku on huonossa kunnossa, jos jännite on latauksesta huolimatta jatkuvasti alhaisempi kuin 11 V akkua kuormitettaessa. Lyijyakun kapasiteetista voidaan hyödyntää vain noin 35 % sen teoreettisesta kapasiteetista. Tämä johtuu mm. jännitteestä, joka alenee akun varauksen laskiessa. Lyijyakun rakenne ei kestä jatkuvaa tärinää. Tärinä irrottaa ajan kuluessa lyijylevyistä palasia, jotka saattavat oikosulkea kennoja, johtaen akun rikkoutumiseen.

Lyijyakun suurin mahdollinen kapasiteetti pienenee ajan kuluessa. Lyijyakkua ei saa purkaa täysin tyhjäksi, muutoin lyijykennojen pinnalle alkaa muodostua lyijysulfaattia. Lyijysulfaattikerros estää akun normaalin toiminnan, jolloin akku menee piloille. Akkuihin voidaan kytkeä automaattinen varaustilan mittari, joka testaa akun kunnan. Toinen tapa akun kunnan tarkastamiseen on ominaispainomittari. Myös jännitemittarilla voidaan arvioida akun kuntoa, mutta tulos on vain suuntaa antava riippuen mittarin tarkkuudesta. [10; 11.]

3.2.2 AGM-akku

AGM tulee englanninkielisistä sanoista Absorbent Glass Mat. Akun elektrolyyttinä käytettävä happo on sidottu lasikuitumattoihin, jolloin akkuneste ei pääse liikkumaan akun sisällä mahdollistaen akun kallistamisen. Akua voidaan pitää vaikka vaaka-asennossa. AGM-akuille on omat lataus säätimet. AGM-akku kestää enemmän lataus- ja purkaus kertoja kuin perinteinen akku. [10.]

3.2.3 Akun talvikunnossapito

Akut puhdistetaan ja ladataan täyteen ennen talven tuloa syksyllä kun vene laitetaan pressujen alle odottamaan seuraavaa veneilykautta. Akkunesteiden määrä kannattaa myös tarkistaa ja lisätä tarvittaessa. Akut purkautuvat itsestään, jolloin akkuja kannattaa ladata muutaman kerran talven aikana. Jotkin veneilijät laittavat heikkotehoisen

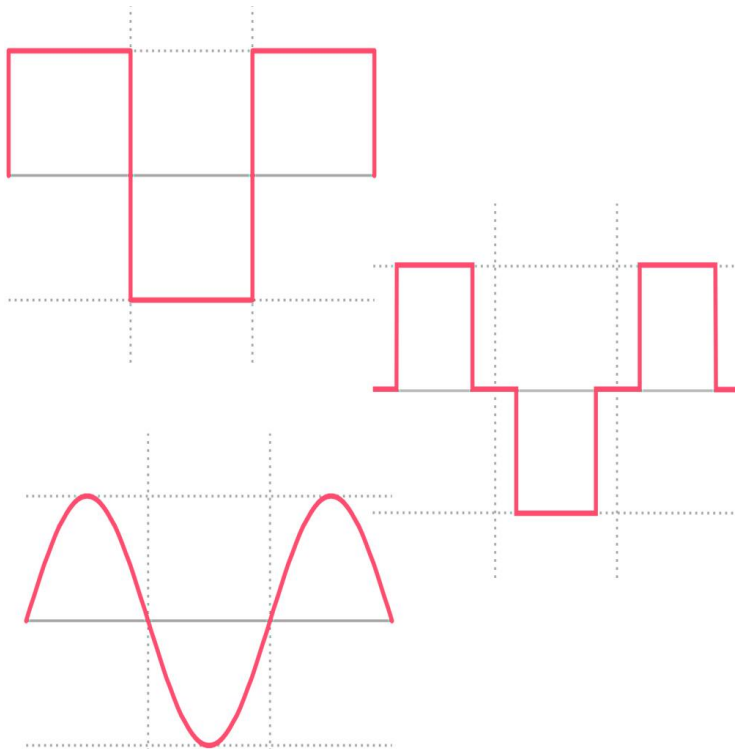
aurinkopaneelin lataamaan akkua koko talveksi kompensoiden akun purkautumisen ja pitäen sen lähes täynnä koko talven. Akun voi myös ottaa irti ja viedä kotiin, jossa akun lataaminen onnistuu helposti talven aikana. [12.]

3.3 Invertteri

Invertteri on toiselta nimeltään vaihtosuuntaaja, joka muuntaa tasasähkön vaihtosähköksi. Sisääntulo- ja ulostulojännite, taajuus sekä muut invertterin ominaisuudet riippuvat sen rakenteesta ja käytetyistä komponenteista. Sähkön muunnos voidaan toteuttaa pelkästään elektronisilla komponenteilla tai sekä elektronisilla ja mekaanisilla komponenteilla, kuten jonkinlainen moottorinkaltainen komponentti.

Invertterin käyttökohteita, kun tehon tarve ei ole kovin suuri, ovat akusta, aurinkopaneelistai tai muusta tasavirtalähteestä saatavan tasavirran muuntaminen vaihtovirraksi. Invertteri itsessään ei tuota sähköä vaan se vain muuttaa sen muotoa kuormittamatta vain tehonlähdettä. Muuntoprosessi vaatii parhaaseen mahdolliseen ja stabiiliin toimintaan tasaisen tehonlähteen. Sisääntulojännite riippuu invertterin rakenteesta. Yleisin pienten kaupallisten inverttereiden sisääntulojännite on 12 V DC johtuen 12 V:n akuista, joita käytetään lähes kaikkialla. Invertterin ulostulojännite ja sen taajuus ovat Suomessa samat kuin sähköverkon verkkojännite 230 V ja verkkotaajuus 50 Hz.

Ulostulojännitteen muoto riippuu käytetyistä komponenteista. Aaltomuotoja on erilaisia muun muassa kantti-, sini-, ja modifioitu siniaalto. Puhtaan siniaallon tuottamiseksi vaaditaan kalliit komponentit, jotka nostavat invertterin hintaa. Invertteriin voidaan sisäänrakentaa myös akkulaturi, joka mahdollistaa invertterin käytön akkulaturina maasähköjärjestelmän ollessa kiinni satamassa. (Kuva 1. katso seuraava sivu)



Kuva 1. Inverttereiden tuottamia aaltomuotoja [13]

Kantikasta aaltoa, joka muistuttaa suurin piirtein siniaaltoa, kutsutaan modifioituksi siniaalloksi. Sen tuottamiseen tarvittavat komponentit maksavat vähemmän, mutta se voi aiheuttaa toimintahäiriöitä herkissä sekä tarkkaa säätöä vaativissa laitteissa. Aaltomuoto on tarjolla laajalti kaupallisissa sovelluksissa, mutta se ei sovellu kaikkiin käyttötarkoituksiin, kuten mikroaaltouuneihin, kelloihin tai moottoreihin, joissa sen käyttö saattaa ilmetä huipputehon alenemisella sekä kaasupurkauslampussa välkkymisenä tai toimimattomuutena. Normaleissa sähkölaitteissa ei pitäisi esiintyä ongelmia modifioidulla siniaallolla, kuten kodin elektroniikassa. [13.]

3.3.1 Standardin vaatimukset invertterille

Pysyvästi asennettavan invertterin täytyy standardin mukaan olla elektroninen eli valmistettu vain elektronisista komponenteista. Invertterin tulee pystyä toimimaan moitteettomasti 50 °C ympäristö lämpötilassa sekä säilyä vahingoittumattomana ympäristön lämpötilan ollessa 70 °C. Tästä huolimatta invertteri kannattaa sijoittaa kuivaan, helposti päästävään tilaan, jonka ympäristönlämpötila ei ylitä 50 °C. Muita ominaisuuksia, joita invertteriltä vaaditaan ovat automaattinen laitteen ohjaus, eristys-suojaus vaihto-

ja tasasähköpuolien välillä. Lisäksi invertterin tulee olla helposti, nopeasti ja turvallisesti ohjattavissa kaikissa tilanteissa.

Eristys-suojaus ehkäisee sähkövirran aiheuttamaa korroosiota veneen osiin, jotka ovat yhteydessä veteen. Invertteri tulisi sijoittaa 500 mm mahdollisen pilssivesirajan yläpuolelle ja etäälle mahdollisista lämmönlähteistä. Sen ulostulot suojataan, kuten mainittu kohdassa 4.4. Helpommalla pääsee kun invertterin sijoittaa tilaan mihin ei pääse vettä kertymään. Invertterin metallinen kuori tai kehys yhdistetään tasavirtapiirin positiivisen johtimen paksuisella johtimella moottorin negatiiviseen napaan. Tätä johdinta ei yhdistetä invertterin negatiiviseen sisääntuloon. Jos veneen tasasähköjärjestelmässä ei ole erillistä maata tai invertteri on kaksoiseristetty, niin tätä ei välttämättä tarvitse tehdä. Invertteri on saatettu yhdistää näin jo valmistusvaiheessa sisäisesti, joten tämä kannattaa tarkistaa invertterin valmistajan käyttöohjeista. [3, s. 12 - 14.]

3.4 Aurinkopaneeli

Aurinkopaneeli tuottaa sähköä muuntamalla auringon sähkömagneettisen säteilyn tasasähköksi. Auringon säteily energia on pienempi maapallon pohjoisella ja eteläisellä puoliskolla, kuten Suomessa, jolloin paneelit eivät pysty tuottamaan niin suuria tehoja kuin päiväntasaajan alueella. Auringon säteilystä pääsee maanpinnalle noin 1 kW:n verran tehoa neliometriä kohden. Sähköntuotanto ja sen tehokkuus ovat täysin riippuvaisia säästä. Aurinkoisella säällä tavallisimmat paneelit pystyvät tuottamaan noin 130 W/m² (katso kuva 2).



Kuva 2. 100 W aurinkopaneeli [14]

Aurinkopaneeli voidaan pienveneissä sijoittaa passiivisesti ilman säätömahdollisuutta tai säädettävään telineeseen veneen katteen päälle tai muuhun kohtaan mihin sen voi kiinnittää tukevasti. Pienveneissä, joissa on kattoluukku ei luonnollisesti voida asentaa passiivisesti isoja paneeleita ilman että kattoluukku peittyy. Tämä vaihtelee veneen tyyppin mukaan. Aurinkopaneeli vaatii lataus säätimen, jonka kautta akkuja ladataan, johtuen akkujen maksimi latausjännitteen ylittävästä jännitteestä. Suuremmat aurinkopaneelit voivat kehittää jopa 18 V:n jännitteen, mikä riittää helposti tuhoamaan akun. Lataus säätimet toimivat yleensä 12 V:n tai 24 V:n jännitteellä, mutta jotkin säätimet toimivat myös huomattavasti suuremmilla jännitteillä. Nykyaikaiset lataus säätimet käyttävät hakkuritekniikkaa, joka takaa parhaan mahdollisen hyötysuhteen.

Suuremmalla jännitteellä saadaan myös helpommin parempi hyötysuhde, jolloin johtimissa ei tapahdu niin suurta virran aiheuttamaa tehohäviötä. Pienveneessä välimatka paneelilta akuille ei kuitenkaan ole kovin pitkä, joten tällä ei ole niin suurta merkitystä, kuin suuremmissa järjestelmissä. Aurinkopaneeleita voidaan asentaa sarjaan tai rinnankytkettynä. Sarjaan kytkettäessä ulostulojännitteeksi tulee molempien paneelien jännitteiden summa, jolloin paneeleilta tuleva virta pienenee. Rinnan kytkettäessä paneelilta saatava jännite on paneeleilla suunnilleen sama mikäli ne saavat saman virran auringonvaloa ja ovat tyypiltään identtiset. Virta yhdistyy samaan paneeleilta tule-

vaan johtimeen, jolloin johdin tulisi mitoittaa suuremmille virroille kuin käytettäessä yhtä paneelia. Virran suuruus riippuu paneelien tuottamasta tehosta. Paneeleihin on yleensä kytketty diodi, joka pitää huolen, ettei virta pääse virtaamaan takaisin aurinkopaneelille, mikäli aurinkopaneelin tuottama jännite laskee alle akuston jännitteen. Tällaisia tilanteita pääsee syntymään, jos aurinkopaneeli peittyy jostain syystä, jolloin valoa ei pääse aurinkopaneelin pinnalle. [14.]

4 Sähkönkäyttö

Sähköä pienveneissä pääasiassa käyttää starttimoottori, sytytin sekä navigointilaitteet, joihin kuuluu mm. kaikuluotain, radio, navigointivalot ja GPS-järjestelmä. Veneen lämmitys on voitu toteuttaa monella tavalla, kuten polttamalla nestettä tai kaasua tai siirtämällä moottorin tuottama lämpö veneen muihin osiin. Tällöin sähköä kuluu vain lämmittimen puhaltimen tai pumpun pyörittämiseen. Lämmityslaitteet ovat joka tapauksessa veneen suurimpia tehonkuluttajia toteutustavasta riippumatta. Lisäksi veneissä voi olla oleskelun ja viihtyvyyden kannalta oleellisia sähkölaitteita, kuten jääkaappi, sähköllä toimiva vesipumppu ja kodinelektroniikkaa, joista osa saattaa olla merkittäviä tehonkuluttajia jatkuvassa käytössä.

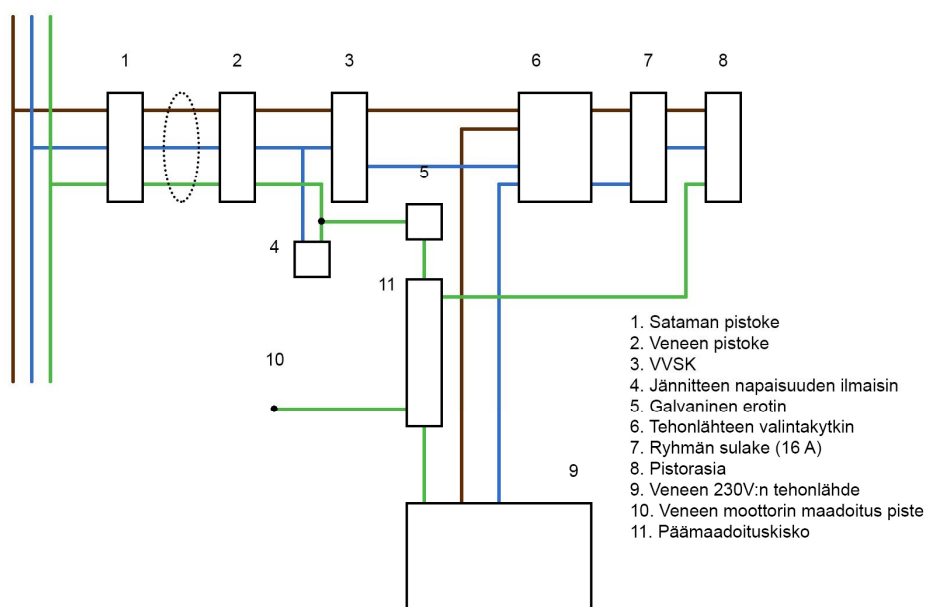
Suurin osa sähkölaitteista ei ole jatkuvasti päällä. Starttimoottoria käytetään vai moottorin käynnistämiseen korkeintaan muutaman sekunnin ajan, jolloin se ottaa akusta useita satoja ampeereita. Teho jää kuitenkin pieneksi pitkällä aikavälillä, mutta akkua tulisi ladata käynnistyksen jälkeen. Veneen pumppuja käytetään vain, kun on tarvetta käyttää vettä tai tyhjentää pilssivettä pois veneestä. Pilssivesi on veneeseen kertynyttä vettä, johon on saattanut sekoittua öljyä. Pilssivesi voidaan tyhjentää satamassa pumppaamalla se pois pilssiveden vastaanottopisteessä.

Kulkuvalojen ja valaistuksen vaatima teho riippuu paljolti ajankohdasta, jolloin venettä käytetään. Valoisaan aikaan ei lamppeja luonnollisesti tarvitse pitää päällä. Lamput on usein noin 25 W:n pieniä hehkulamppuja vanhemmissa veneissä ja uudemmissa lamput on saatettu jo korvata LED-lampuilla hehkulamppujen myynnin kieltävän lainuudistuksen seurauksena. Jääkaappi on periaatteessa koko ajan päällä, mutta se käyttää sähköä vain kun jääkaapin sisälämpötila on laskenut alle termostaattiin asetetun raja, jolloin kompressori tai vastaava alkaa jäähdyttää sisäilmaa.

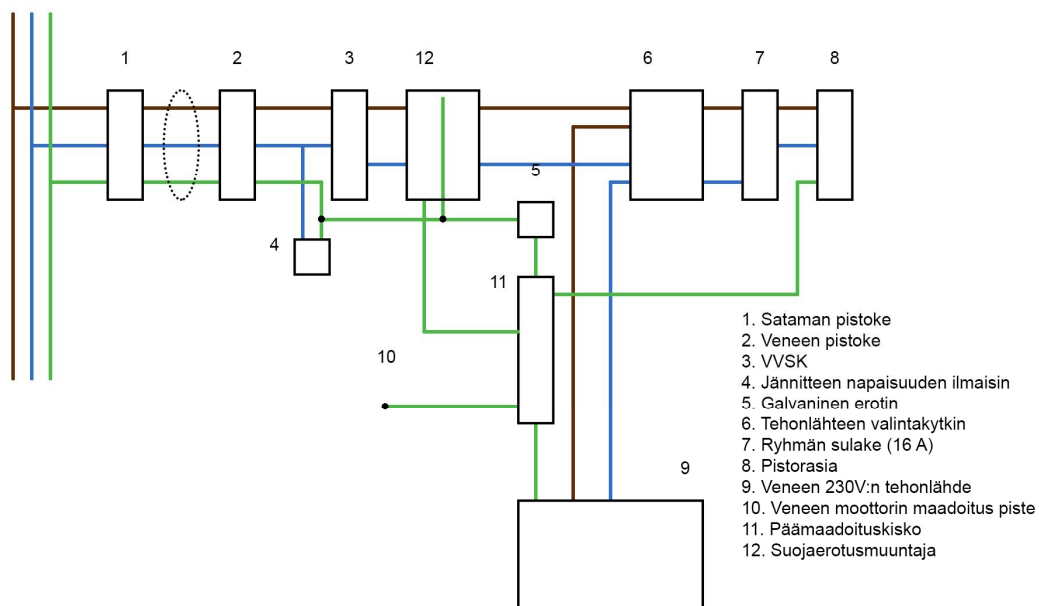
Jääkaapin teho on koosta riippuen vähintään muutamia kymmeniä watteja. Veneeseen asennettuja kodin elektroniikan laitteita käytetään tapauskohtaisesti sekä käyttäjän omien mieltymysten mukaisesti. Esimerkiksi mikroaaltouunia voidaan käyttää huolelta suuresta tehonkulutuksesta huolimatta, jos käyttöaika on vain muutamia kymmeniä minutteja päivässä. Mikrolla voidaan myös kypsentää ja valmistaa vaikka molemmat päivän ateriat, mikä aiheuttaa ongelmia akustolle, jos akustoa ja latausjärjestelmää ei ole mitoitettu suurelle kulutukselle. [15.]

5 Maasähköjärjestelmän kytkentä

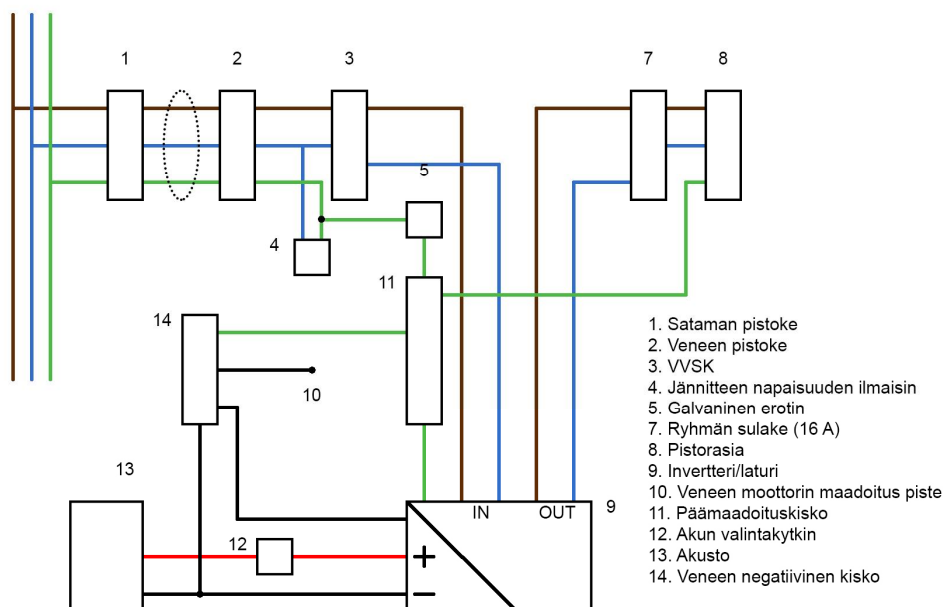
Kytkenä riippuu paljolti siihen asennettavista laitteista ja suojusta. (Kuvat 3 - 5) Suojaerotusmuuntaja ja galvaaninen erotin ovat vaihtoehtoisia suojalaitteita. Veneen vaihtosähkön tuottamiseen voidaan valita käytännössä generaattori tai invertteri.



Kuva 3. Yleiskuva kytkennästä [3, s. 19]



Kuva 4. Kytkenä suojaerotusmuuntajan kanssa [3, s. 21]



Kuva 5. Invertterin kytkentä, jossa on laturi ominaisuus [3, s. 22]

Täytyy muistaa, että standardin antamat kytkennät ovat esimerkkejä. Sähkölaitekohtaisia asennusohjeita, jotka tulevat sähkölaitteen mukana tulee noudattaa. [3, s.19 - 24.]

5.1 Maasähköjärjestelmän maadoitus

Maadoitukseen tulee käyttää vihreällä tai raidallisella keltavihreällä eristeellä päällystettyä johdinta. Veneet, joissa on täysin eristetty tasasähköjärjestelmä sekä veneen runko on metallia, kytketään vaihtosähköjärjestelmän maajohdin veneen runkoon. Muutoin johdin kytketään veneen ulkoiseen maadoituspisteeseen tai maadoituslevyyn. Veneen runkoa ei käytetä maadoitusjohtimena. Koko maadoitusjärjestelmä kytketään yhden johtimen kautta päämaadoituspisteeseen tai veneen runkoon, riippuen rungon materiaalista, potentiaalin tasaamiseksi. Sähkölaitteiden metalliset rungot kytketään normaalisti maadoitusjärjestelmään.

Metallirunkoisissa veneissä maadoitusjohdin kytketään runkoon mahdollisen pilssivesitason yläpuolelle, jolloin ehkäistään liitoksen korroosiota ja kosketusta veden kanssa. Suojajohtimeen voidaan asentaa galvaaninen erotin, joka pitää sisällään kaksi rinnankytkettyä diodia. Diodien kynnysjännite on 0,7 V, joka ehkäisee korroosiota aiheuttavien tasavirtojen virtaamista veneeseen. Galvaanisen erottimen tulee olla ominaisuuksiltaan sellainen, ettei se rikkoutuessaan aiheuta maadoituspiirin katkeamista, muutoin veneestä tulisi maadoittamaton.

Nollajohdin maadoitetaan vain tehonlähteessä, joita ovat esimerkiksi generaattori, erotusmuuntajan toisio, maasähköpiste tai invertteri. Maasähkön nollajohdinta ei kuitenkaan maadoiteta veneessä eli nolla- ja maajohdin pidetään erillään kaiken aikaa. Jos vaihtosähköjärjestelmä on suojattu erotusmuuntajalla, voidaan generaattorin, invertterin ja muuntajan nollat maadoittaa veneen vaihtosähköpiiriin päämaadoituspisteessä eikä kyseisten laitteiden toisioissa. Päämaadoituspiste on yleensä moottorin negatiivinen napa tai päämaadoituskisko.

Vaihtovirtapiirille ei syötetä tehoa useammasta kuin yhdestä lähteestä. Maasähköjärjestelmän satamapistoke, generaattori ja invertteri ovat kukin erillisiä tehonlähteitä. Tehonlähdettä vaihdettaessa täytyy virtapiiri katkaista yhtä aikaa sekä vaihe- että nollajohtimessa ennen toisen tehonlähteen kytkemistä. Tämä voidaan toteuttaa vaikka käyttämällä kytkintä, josta löytyy väliasento, jonka kohdalla veneen maasähköjärjestelmä kytkimen toisiopuolella on jännitteetön. Yksittäiselle laitteelle voidaan syöttää tehoa useammasta tehonlähteestä, jos

- laite on standardien mukainen
- laitteesta löytyy takateho- ja saarekekäytön estävä suojaus
- laitteen asennus on suoritettu valmistajan antamien ohjeiden mukaisesti.

Järjestelmään voidaan asentaa merkkilaitte, joka ilmaisee maavirtakaapelin napaisuuden. Merkkilaitte kytketään suojamaan ja nollajohtimen välille. Merkkilaitte antaa ääni tai valomerkin, jos veneen nolla- ja vaihejohtimet menevät ristiin sataman sähköverkon kanssa. [3, s. 4 - 5.]

5.2 Ohjauspaneelit

Veneet, joissa on sekä vaihtosähkö-, että tasasähköjärjestelmä, voidaan käyttää yhteistä tai kummallekin omaa ohjauspaneelia. Yhteisessä ohjauspaneelissa järjestelmät erotetaan toisistaan selkeästi. Järjestelmän sähköpiirustukset ja muut dokumentit tulee löytyä veneestä. [3, s. 6.]

5.3 Kytcentöjen merkinnät

Kaikki merkinnät tulisi mielellään olla vedenkestäviä, sillä merkintöjen irtoessa kosteuden takia käyttöturvallisuus ja selkeys heikkenevät. Maasähköliitintään merkitään järjestelmän käyttämä jännite, joka on suomessa 230 V ja taajuus 50 Hz sekä salamatarra varoittamaan sähkön läsnäolosta (katso kuva 7). Kytkimet sekä kojeet tulisi merkitä niiden käyttötarkoituksen tai toiminnan mukaan. Sähkölaitteille oma tarra, josta selviää valmistaja, sarjanumero, tyyppiarvot, jne. Tyyppikilpi on tarkoitettu kiinteästi asennettaville sähkölaitteille. Ohjauspaneeliin on hyvä merkitä pysyvästi järjestelmän jännite ja taajuus sekä merkintä, josta ilmenee jos veneeseen on asennettu invertteri tai generaattori. Invertterille merkitään tasasähköpuolen johtimet esimerkiksi, kuten kuvassa 6. [3, s. 6.]

+	-
d.c.+	d.c. -
POS	NEG

Kuva 6. Johtimien merkintä tapoja [3, s. 13]



Kuva 7. Sähkön läsnäolosta varoittavia tarroja [3, s. 6]

Varoituskolmioita ja muita tarroja on saatavana valmiina sähkötarvikeliikkeistä.

5.4 Paloturvallisuus

Sähkökojeet ja laitteet, jotka asennetaan räjähdysalttiisiin tiloihin tai syttymisherkkien aineiden läheisyyteen tulee olla ISO 8846 tai IEC 60079-0 standardien mukaisia. Veneessä kyseisiä paikkoja on akkujen ja polttoaineen säilytystila tai -kaappi. [3, s. 7.]

5.5 Järjestelmän suojaus

Järjestelmä suojataan vikavirtasuojalla jokaisesta tehonlähteestä, jonka nimellinen virtaraja on 30 mA ja katkaisun aikaraja 100 ms. Vikavirtasuojassa täytyy olla sisäinen testipiiri, jolla sen toiminta voidaan testata manuaalisesti. Metallirunkoiset sähkölaitteet, kuten aikaisemmin on mainittu, sekä laitteet, joissa on paljaana olevia sähköisiä osia, maadoitetaan veneen maadoitusjärjestelmään pois lukien laitteet, jotka ovat suojaeristettyjä. Moottoriasennukset suojataan ylivirtasuojalla, johon on asetettu virtaraja piirin virrantarpeen perusteella, sisäänrakennetulla ylivirtasuojalla tai lämpöreleellä, mikäli moottori ylikuumenee roottorin lukituessa. [3, s. 7.]

5.6 Järjestelmän johdotus

Johtimet ja kaapelit tulee olla jännitekestoltaan 300 / 500 V, ja taipuisat johtimet ja kaapelit vähintään 300 / 500 V. Johtimet tulee olla hienosäikeistä kuparia, jonka poikkipinta-ala tulee valita virrankeston ja käyttötarkoituksen mukaan. Minimi poikkipinta-ala johtimilla on 1 mm². Ohjauspaneelien sisällä olevat johtimet voivat olla 0,75 mm². Moottoritilan ulkopuolisen johdotuksen tulee kestää vähintään 60 °C ympäristön lämpötilan ja moottoritilan johdotuksen vähintään 70 °C. Moottoritilaan asennettavien johtimien tulee olla myös öljynkestäviä tai päällystetty, jottei öljyä pääse johtimen pinnalle. Yksityiskohtaisempaa tietoa sekä kattava taulukko johtimen mitoittamiseen löytyy ISO 13297-standardista liitteestä A, Taulukosta A.1

Suojamaajohtimen tulee olla poikkipinta-alaltaan vähintään yhtä paksu kuin piirin vaihejohdin, jos vaihejohdin on 16 mm² tai alle. Vaihejohtimen ollessa poikkipinta-alaltaan yli 16 mm², tulee suojamaajohtimen olla vähintään 50 % vaihejohtimen poikkipinta-alasta,

ei kuitenkaan pienempi kuin 16 mm². Yleensä järjestelmän johdotus pienveneissä on toteutettu 3 x 2,5 mm² kaapeleilla.

Vaihe- ja nollajohtimien värit tulee olla standardien mukaiset. Vaihe merkitään johdin ruskealla ja nollajohdin vaaleansinisellä sekä kuten aikaisemmin mainittu suojamaajohdin vihreällä tai keltavihreällä eristeellä. [3, s. 8 - 9.]

5.7 Johtimien asennus

Liittimet suojataan vähintään IP-55-suojausluokituksen mukaisesti säältä suojatuissa paikoissa ja säältä suojaamattomissa paikoissa sekä mikäli liitoskohta on vaarassa joutua veden alle vähintään IP-67 mukaisesti. Kaapelit ja johtimet tulee tukea koko matkalta kaapelikourulla, putkella tai yksittäisillä kiinnikkeillä korkeintaan 45 mm välein. Vaihtovirta- ja tasavirtapiiri on pidettävä erillään toisistaan. Johtimet ja kaapelit voidaan pitää erillään maadoitetulla metallilevyllä, asentamalla ne eri kaapelikouruun, hyllyyn tai asennettu pinta-asennuksena jättäen väliä eri jännitetasojen välille vähintään 10 mm.

Tiloihin minne pilssivettä pääsee kertymään tulee kaapelit ja johtimet asentaa odotettavan pilssivesikorkeuden yläpuolelle tai jos veneessä on automaattinen pilssivesipumppu, niin vähintään 25 mm asetetun pilssiveden raja-arvon yläpuolelle. Vesirajan alle jäävät kaapelit ja johtimet tulee suojata IP-67 mukaisesti. Metalliset kiinnikkeet ja liittimet tulee olla korroosionkestäviä ja galvaanisesti yhteensopivia kojeiden ja laitteiden liittimien kanssa. Alumiinisia ja teräksisiä liittimiä ja kiinnikkeitä ei käytetä.

Liittimiä ei juoteta ja niiden kiinnittämiseen ja asentamiseen käytetään tarkoitusta varten tehtyjä työkaluja (katso kuva 8 seuraavalla sivulla). Yhteen liittimeen asennetaan korkeintaan 4 johdinta. Kitkaan perustuvia liittimiä voidaan käyttää mikäli piirissä kulkeva virta ei ylitä 20 A eikä johtimeen kohdistu yli 20 N vetovoimaa. Kierrettäviä johdinjatkvoja ei käytetä.



Kuva 8. Juotin sekä kierrettävät liittimet

Avoimet liitinpäät suojataan vahingolliselta kosketukselta oikosulkujen ja sähköiskujen ehkäisemiseksi. Kaapelit ja johtimet kierretään kaukaa lämmönlähteistä, jotka voivat vaurioittaa eristevaippaa. Asennus vähintään 50 mm etäisyydelle vesijäähdytteisistä komponenteista ja 250 mm etäisyydelle ilmajäähdytteisistä komponenteista ellei komponentin ja kaapelin tai johtimen väliin asenneta lämpöeristelevyä tai vastaavaa.

Fyysiselle rasitukselle alttiit kaapelit ja johtimet tulee suojata suojalla, joka estää eriste-vaipan hankautumisen ja kulumisen. Liittimien tulisi kestää tiettyä vetolujuutta vähintään minuutin ajan ennen irtoamista. Taulukossa 1 on muutamia johtimien poikkipinta-aloja sekä niiden kiinnitykseen suositeltuja vetolujuuksia (katso seuraava sivu).

Taulukko 1. Yleisten johdinpaksuuksien vetolujuuksia

mm ²	N
1,5	60
2,5	150
4	170
16	260
35	350

1 N voima vastaa noin 100 g painoista punnusta. Kohtalaisen voimakas nykäisy riittää kiinnityksen kireyden tarkistamiseen. Tärinä saattaa aiheuttaa johtimen irtoamisen ajan kuluessa, joten johtimien kiinnitys kannattaa tarkistaa vähintään kerran vuodessa, esimerkiksi kun venettä laitetaan talvikuntoon. [3, s. 9 - 10.]

5.8 Kytkin- ja ohjauspaneelit

Ohjauspaneelista tulee ilmetä järjestelmän olotila sekä jännitteen oloarvo, mikäli järjestelmä on suunniteltu moottorin syöttöä varten tai jos veneeseen on asennettu sähkögeneraattori tai invertteri. Merkinnät ohjauspaneeliin, katso kohta 6.2. Ohjauspaneeli tulee sijoittaa siten, että sen luokse pääsee esteettä kaikissa tilanteissa. Kotelon luokituksen tulee olla vähintään [3, s. 11.]

- IP-20, jos se sijaitsee veneen sisätiloissa
- IP-55, jos siihen pääsee roiskumaan vettä
- IP-67, jos ohjauspaneeli joutuu veden alle

5.9 Kaapelin pistokkeet ja pistorasiat

Maasähköpistorasian tulee olla vähintään IP-44, kun siihen on kytketty oikeanlainen pistoke. Vaihtosähkö- ja tasasähköpistokkeet ja pistorasiat eivät saa olla samanlaisia keskenään. Tasasähkölle tarkoitetuissa pistorasioissa ja pistokkeissa on erikokoiset reiät ja pistokkeet napaisuuden säilyttämiseksi. Pistorasiat, jotka ovat alttiina sateelle ja roiskuvalle vedelle suojataan vähintään IP-55 mukaisesti, kun ne eivät ole käytössä. Suojaustason IP-55 tulee säilyä kun pistorasiaan kytketään oikeanlainen pistoke. Pisto-

rasiat, jotka saattavat joutua veden alle, suojataan IP-67 mukaisesti oli se sitten käytössä tai ei, mutta niitä ei pienveneissä käytännössä käytetä, vaan pistorasiat sijoitetaan niin, etteivät ne joudu veden kanssa tekemisiin. Kaikki pistorasiat luonnollisesti maadoitetaan ja niiden jänniteluokituksen tulee olla sama kuin käytettävissä tehonlähteissä. Pistorasiat voidaan asentaa uppo- tai pinta-asennuksena [3, s. 11 - 12.]

6 Moottorivene Flipper 717C

Esimerkkinä käytetään 90-luvulla valmistettua pienvenettä, joka on käytössä kesäisin järvellä pääsääntöisesti valoisaan aikaan aurinkoisella poutasäällä (katso kuva 9). Tässä osiossa on arvioitu tehonkulutusta ja akkujen tarvittavaa kapasiteettia sekä esitelty realistisia vaihtoehtoja veneen vaihtosähköjärjestelmälle.



Kuva 9. Flipper 717C moottorivene

Flipper 717C moottorivene on valmistettu 90-luvulla ja se on hieman yli 7 m pitkä ja hieman alle 3 m leveä. Veneen varustukseen kuuluu mm. 130 hv:n dieselkäyttöinen Volvo Penta moottori, sammutusjärjestelmä, huurteenpoistolaitte, kansiluukku, kompassi, kulkuvalot, käsisammutin, lämmitys- ja makeavesijärjestelmä, joka sisältää makeavesisäiliön sekä sähkökäyttöisen painevesipumpun ja muita laitteita, kuten jääkaappi. Veneen maksimi henkilömäärä on 10 henkilöä ja makuusijat löytyy 5 henkilölle

yöpymistä varten. Lisävarusteena on erillinen Safiren lämmitin, joka käyttää polttoainetta lämmitykseen. Veneen lämmitys ja valaistus ovat tehonkulutukseltaan merkittävimmät ja pystyvät pimeällä sateisella säällä ottamaan paljon virtaa irti akuista.

Veneestä löytyy kaksi 100 Ah:n akkua, joista toista käytetään moottorin käynnistysakuna ja toista niin sanottuna huviakkuna, josta virtaa otetaan veneen laitteille ja valoille. Tällainen akkujen jaottelu on pienveneissä normaalia, jolloin virtaa löytyy aina käynnistysakusta moottorin käynnistämiseen ja sen käyttöön normaaleissa olosuhteissa. Moottorin ollessa päällä veneen alkuperäinen akkulaturi pystyy käyttöohjeiden perusteella täyttämään yhden 100 Ah:n akun täyteen noin 3 tunnissa. [15.]

6.1 Veneen sähköinen kuorma

Tehonkulutusta voidaan arvioida laskemalla sähkölaitteiden kuluttama teho 24 tunnin aikana ottamalla huomioon kuinka kauan ne ovat suurin piirtein käytössä. Arviointiin on lisätty noin 1200 W mikroaaltouuni ja invertteri, jotka olisivat suunnitteilla lisättäväksi veneeseen. Käytännössä veneeseen riittää vaikka 600 W mikroaaltouuni lämmittämään ruokaa, jolloin tehonkulutus ja kustannukset laskevat jonkin verran.

Taulukko 2. Arvioitu tehonkulutus 24 tunnin aikana normaaleissa olosuhteissa

Varustus	Virta (A)	Teho (W)	Käyttö (h)	Wh
Valaistus				
Kulkuvalot	6,3	75	2,0	150
Sisävalot	6,3	75	2,0	150
Kulutuslaitteet				
Invertteri + mikro	125,0	1500	0,5	750
Jääkaappi	0,7	8	12,0	101
Lämmitys				
Huurteenpoisto	12,1	145	2,0	290
Safire lämmitin	1,3	15	10,0	150
YHTEENSÄ	152	1819		1591
Akuston laskettu kapasiteetti			133	Ah

Veneen valoja käytetään vain pimeään aikaan korkeintaan muutamia tunteja. Veneen lämmitys ja huurteenpoisto ovat päällä vain vesisateella, jolloin on yleensä viileämpää ja veneen tuulilasi saattaa huurtua. Lisäksi kulkuvalot sekä huurteenpoistolaite ovat päällä vain moottorin ollessa käynnissä. Huurteenpoistolaite ottaa lämmitystehon moottorista. Safiren erillinen lämmitin on säädettävissä noin 5 W - 15 W väliltä. Lämmitin saattaa olla päällä koko yön. Akun nykyinen kapasiteetti on 100 Ah, joka luultavasti riittää, mikäli akkuja myös ladataan päivän aikana. Akkujen kapasiteetin kasvattamiseen kannattaa kuitenkin varautua, ettei pääse tulemaan yllätyksiä.

Veneen sisävalaisimissa on 12 V:n hehkulamput, jotka voisi vaihtaa vähemmän tehoa kuluttaviin LED-lamppuihin, jolloin valojen käyttö pimeään aikaan veisi vähemmän tehoa. Myös kulkuvalot on mahdollista vaihtaa LED-lamppuihin. Kaupoista on saatavilla kattava valikoima lamppuja erilaisille valaisimille, joiden hinnat ovat noin 20 € - 45 € [13; 16, s. 10; 17.]

6.2 Maasähköjärjestelmä

6.2.1 Itse suunniteltu maasähköjärjestelmä

Yksinkertainen maasähköjärjestelmä, joka voidaan itse rakentaa saadaan aikaan seuraavista sähkötarvikkeista:

- Öljyn kestävä maavirtakaapeli, jossa on samantyyppinen liitäntäpistoke kuin kotisataman pistorasiassa
- Veneen liitäntä pistorasia
- 30 mA vikavirtasuojakytkin
- 16 A johdonsuoja-automaatti
- Jännitteen ja jännitteen napaisuuden ilmaisim
- Riittäväällä IP-luokituksella varustettu kotelo
- 3 x 2,5 mm² monisäikeiset kumikaapelit
- Kurkkumuoviputkea
- Tehonlähteen valintakytkin

- Kannellinen IP-44 pistorasia
- Galvaaninen erotin
- Invertteri tai invertterilaturi
- Suojaerotusmuuntaja

Lisäksi tarvitaan kaapeleiden sekä muiden sähkötarvikkeiden kiinnitykseen tarvittavat ruuvit ja kiinnikkeet, päämaadoituskisko.

6.2.2 Maasähköjärjestelmän mitoitus

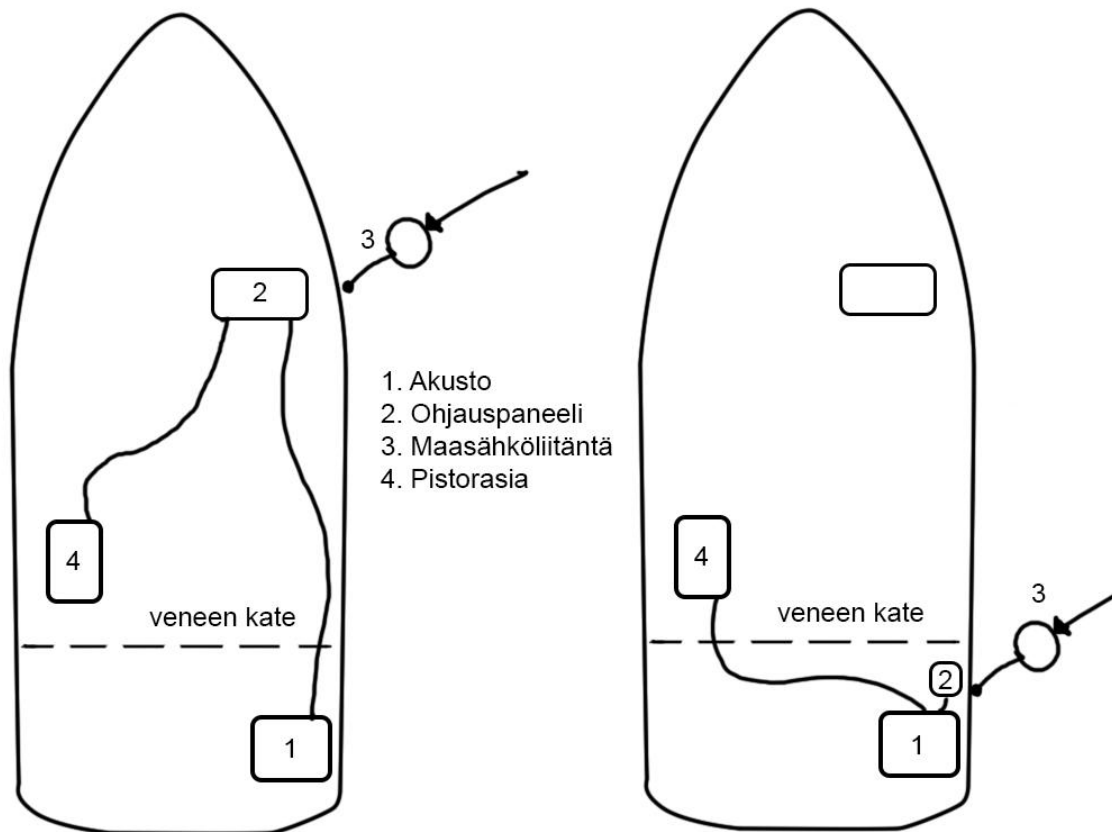
16 A johdonsuoja ja 2,5 mm² johtimet sopivat keskenään standardin mukaan mitoituksen kannalta ja sallivat tehokkaimpien kuluttajan kodinkoneiden käytön veneessä. Veneen kaapeloinnin pituudet riippuvat ohjauspaneelin ja pistorasian sijoituspaikasta, kuten myös sataman pistorasiaan vedettävä maavirtakaapeli (katso kuva 10 seuraavalla sivulla). Öljynkestäviä 2,5 mm² maavirtakaapeleita on myytävänä valmiina 10 m - 25 m. Kaapelin voi koota myös itse, kunhan pitää huolen että pistokkeet tulevat vedenpitävästi kaapeleihin kiinni. [3, s. 15 - 16; 18.]

6.2.3 Maasähköjärjestelmän kytkentä

Veneen ohjauspaneelin yläpuolelta pitäisi löytyä tilaa veneenkäyttöohjeen mukaan, joten kotelon voisi suojineen sijoittaa muiden mittareiden joukkoon. Kotelon IP-luokitukseksi riittäisi tällöin IP-2X, koska mittaristo ja ohjauspaneelit sijaitsevat sisätiloissa. Kaapeleista tulisi tällöin hieman pidemmät. Toinen paikka olisi akkujen läheisyyteen, jolloin kaapeli akuston ja ohjauspaneelin välillä ei tarvitsisi olla niin pitkiä. Kurkkumuoviputki suojaa kaapeleita mekaaniselta kosketukselta ja hankaantumiselta. Kumikaapelia ei ole pakko laittaa putkeen. Läpivienteihin laitetaan kumisuojat tai vastaavat ehkäisemään hankausta.

Kytchentä tehdään kuvan 3 esittämällä tavalla. Jännitteen napaisuuden ilmaisoin laitetaan satamapistokeliitännän jälkeen, kuten kuvasta 3 käy ilmi. Ilmaisinta ei periaatteessa tarvitse, mikäli pistokkeen voi liittää vain yksinpäin. Galvaaninen erotin tulee erottamaan veneen päämaadoituskisko sataman maadoitusverkosta. Suojaerotusmuuntaja

kannattaa asentaa, jos haluaa turvallisemman kytkennän sekä täydellisen suojan korroosiota vastaan.



Kuva 10. Suuntaa antavat yleiskuvat maasähköjärjestelmän mahdollisesta sijoittamisesta

Ennen käyttöönottoa on testattava vikavirtasuojakytkimen laukeaminen manuaalisesti painamalla testipainiketta sekä tarkistettava pistorasioiden napaisuus. VVSK:n kuntoa kannattaa testata muutaman kerran veneilykauden aikana. Mikäli jännitteen napaisuuden ilmaisin aktivoituu maavirtakaapelin kytkemisen yhteydessä, on kaapeli irrotettava ja tarkistettava, että pistoke on oikeinpäin. Maavirtakaapelin pistoketta ei saa pudottaa veteen. Kaapelin pudottaminen veteen aiheuttaa hengenvaaran vedessä oleville henkilöille. Veneen maasähköjärjestelmän pistorasioihin voidaan kytkeä vain suojamaadoitettuja sekä suojaeristettyjä sähkölaitteita. [3, s. 17 - 18.]

6.2.4 Maasähköjärjestelmän kustannukset ja hinta

Sähkötarvikkeiden hinnat vaihtelevat jonkin verran riippuen ostopaikasta, laadusta ja tehonkestoisuudesta.

- Suojaus 200€ - 2 000€
- Invertteri 120€ - 2 000€
- Kaapelointi 100€ - 300€

6.3 Kaupallinen sovellus

Defa tarjoaa maasähköjärjestelmäksi aloitussarjapakettia nimellä Defa Power Systems, josta löytyy kaikki perusjärjestelmään tarvittavat standardien mukaiset sähkökaapelit ja -kalusteet. Aloitussarja ei pidä sisällään suojaerotusmuuntajaa, akkulaturia eikä invertteriä, jolloin järjestelmän käyttö rajoittuu satamaan. Kaapelit on valmiiksi suojattu kosteudelta, sääolosuhteilta ja mekaaniselta rasitukselta. Liitännät täyttävät kiinni ollessaan IP-67-suojausluokituksen ja ne on lisäksi helppo napsauttaa paikalleen pistokeliitännällä ollen näin erittäin käyttäjä ystävällisiä. [19.]

Maasähköjärjestelmään on saatavana lisävarusteena vedenkestävät lisälaitteet:

- suojaerotusmuuntaja
- maasähköllä toimiva venelaturi
- laadukas siniaalto-invertteri

Lisäksi on melko laaja valikoima erilaisia lisätarvikkeita maasähköjärjestelmän laajentamiseksi, joiden hinnat liikkuvat tuhansissa euroissa. Vastaavia järjestelmiä on saatavana myös muilta valmistajilta.

6.4 Aurinkopaneeli

Aurinkopaneelin voi hankkia lataamaan akkua moottorin ollessa sammutettuna kun mikroaaltouunia käytetään järvellä ollessa. Pieni yksikiteinen 100 W aurinkopaneeli

riittää suunnilleen kompensoimaan mikroaaltouunin päivittäisen puolen tunnin käytön. Lataus säädin kytkettäisiin kytkimen kautta huviakkuun, jolloin aurinkopaneeli olisi käytössä vain kun moottorin omaa laturia ei käytetä. Aurinkopaneeli asennettaisiin veneen katteen päälle.

Aurinkopaneeli ja lataus säädin maksavat muutamia satoja euroja. Näiden lisäksi tarvitaan johtimet säätimeltä akustolle, joiden poikkipinta-ala on vähintään 16 mm², jotta saavutetaan hyvä hyötysuhde. [6.]

6.5 Huviveneiden sähköasennukset

Suomessa saa kiinteitä 230 V:n sähköasennuksia tehdä vain sähkötoihin oikeutettu henkilö. Tämä itse suunniteltu maasähköjärjestelmä on kiinteästi asennettava, joten sen saa asentaa ainoastaan vähintään D-ryhmään kuuluva urakoitsija tai henkilö. Irrallisia 230 V:n sähkölaitteita voi käyttää veneessä ilman lupia. Maasähköjärjestelmän voi tehdä myös kokonaan irrallisena. Tällöin kyseessä on periaatteessa jatkojohto, joka vain kytketään sataman pistorasiaan. Valmiita maasähköjärjestelmiä voi asentaa myös maallikot, jos järjestelmän laitteet voidaan kytkeä toisiinsa valmiiksi asennetuilla pistokeilla, eikä kytkentöjen tekemiseen tarvita työkaluja. Tapaturmien sattuessa sähköasennuksista vastaa laitteiston asentaja. [20, s. 24]

7 Johtopäätelmät

Maasähköjärjestelmän asennus onnistuu myös vanhempaan pienveneeseen, sillä se ei vaadi minkäänlaisia merkittäviä rakenteellisia muutoksia veneeseen eikä veneen alkuperäiseen sähköjärjestelmään.

Selvitystyön tekeminen oli melko vaativaa. En itse henkilökohtaisesti harrasta veneilyä ja käytännönkokemukseni pienjännitejärjestelmistä ovat rajalliset.

Standardi ISO 13297 tulee kuulemma muuttumaan tämän vuoden lopulla 2014 eli tämän insinööriyön kirjoittamisen jälkeen, joten tietoa pääsee vanhentumaan harmillisesti. Standardiin ei kuitenkaan luultavasti tule mitään radikaaleja muutoksia, joten tiedot ovat ainakin suuntaa antavia.

Lähteet

1. Eteläsataman laivat kytketään maasähköön. 2010. Verkkodokumentti. YLE

http://yle.fi/uutiset/etelasataman_laivat_kytetaan_maasahkoon/5575603

2. Esitys maasähkön käytön edistämisestä. 28.6.2013. Valtiovarainministeriö. Liikenne- ja viestintäministeriö.

http://www.finnports.com/document.php/1/934/esitys_maasahkon_kayton_edistamises-ta_aluksen_ollessa_satamassa_28062013.pdf/9a7d9f7540390a8ca604c907d519dae5

3. ISO 13297. International Standard. Small Craft - Electrical Systems - Alternating Current Installations. Third Edition 2012.

4. Flipper 717C Moottoriveneen käyttöohje. Lisävarusteet.

5. Moottoriveneet

<https://www.google.fi/search?q=moottoriveneet>

6. Sähkökoneet ja tehoelektroniikan perusteet. Lauri Aura ja Antti J Tonteri. WSOY Porvoo. 1996

7. WhisperPower. Tuoteluettelo.

<http://www.pronav.fi/whisperpower.php>

8. Dynawatt tuotteet.

<http://dynawatt.fi/tuotteet/generaattorit>

9. Tuuligeneraattori

<http://www.eurosolar.fi/tuuligeneraattorit/>

10. Lyijyakut. Verkkodokumentti

http://gallia.kajak.fi/opmateriaalit/yleinen/honHar/ma/REG_Akku-%20ja%20paristotekniikat.pdf

11. Defa venesarja. Tuoteluettelo. 2010

http://www.marinea.fi/downloads/DEFA_PowerSystem_luettelo_2010.pdf

12. Huoltamaton akku tuhoutuu talvella. Verkkojulkaisu. 2010. Venelehti.

<http://venelehti.fi/oppaat/huolto/huoltamaton-akku-tuhoutuu-talvella>

13. Invertteri

http://en.wikipedia.org/wiki/Power_inverter

14. Aurinkopaneelit

<<http://www.eurosolar.fi/aurinkopaneelit/>>

http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_cell

15. Sähkökäyttö

Flipper 717C Moottoriveneen käyttöohje. Varusteet. Tekniset tiedot.

16. Veneen sähköjärjestelmän suunnittelu. Tommi Leander. Insinööriyö. 2011. Tampereen ammattikorkeakoulu.

http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/38915/Leander_Tommi.pdf?sequence=1

17. LED-lamput

<http://www.veneilijanverkkokauppa.fi/halogeeni-ledpolttimot-ledpolttimot-c-380_29_482_487.html>

18. Maavirtakaapeli. Tuoteluettelo.

<http://www.marinekauppa.com/product/5311/maasahkokaapeli-25m-16a-pistokkeisiin>

19. Defa maasähköjärjestelmät

http://www.marinea.fi/defa_powersystems

20. Sähkö ja vene. Verkkodokumentti. Sähköturvallisuuden edistämiskeskus

http://www.stek.fi/html/sahko_ja_vene/