

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Venealan koulutusohjelma

Urho Virtanen

VEENEEN TASAVIRTAJÄRJESTELMÄN HUOLTO JA VAATIMUSTENMUKAI-  
SUUS

2012

## TIIVISTELMÄ

### KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

#### Venealan koulutusohjelma

VIRTANEN, URHO	Veneen tasavirtajärjestelmän huolto ja vaatimustenmukaisuus
Opinnäytetyö	49 sivua + 1 liitesivu
Työn ohjaaja	Lehtori Marko Saxell
Toimeksiantaja	KymiTechnology
Huhtikuu 2012	
Avainsanat	veneet, sähköjärjestelmä, huolto

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kerätä tietoa veneen tasavirtajärjestelmän huollosta sekä vaatimustenmukaisuudesta. Työn tavoitteena on toimia oppaana veneilijöille, jotka tekevät veneen sähköjärjestelmiin huoltoja ja määräaikaistarkastuksia.

Työn idea sai alkunsa havaitusta tarpeesta. Samaan aikaan, kun veneet ovat tulleet yhä enemmän sähköstä riippuvaisiksi, puhumattakaan lisääntyvästä sähköveneilystä, on kentällä selvä tiedonpuute veneen sähköjärjestelmien huollosta ja niiden vaatimustenmukaisuudesta. Tähän tilanteeseen ovat johtaneet veneiden sähköjärjestelmiä käsittelevän kirjallisuuden vähyys sekä venesähkökoulutuksen puuttuminen Suomesta. Opinnäytetyö tehtiin osaltaan parantamaan tiedonsaantia veneen sähköjärjestelmän huollosta ja vaatimustenmukaisuudesta.

Työ toteutettiin perehtymällä laajasti saatavilla olevaan veneen sähköjärjestelmistä kertovaan kirjallisuuteen ja soveltamalla tietoja Suomen oloihin sekä tämän päivän vaatimuksiin. Työssä käytettiin lähdemateriaalina myös auton sähköjärjestelmiä käsitteleviä teoksia veneisiin soveltuvien osien.

Tehty työ osoittaa, että eniten veneen sähköjärjestelmissä huoltoa ja määräaikaistarkastuksia vaativat kaikki sähköjärjestelmän sisältämät liitokset. Suurin ongelma on liitoksien hajoaminen, jonka seurauksena liitoksien ylimenoresistanssin kasvaessa virtapiireihin syntyy haitallisia jännitehäviötä. Tärkeää veneensähköjärjestelmissä on myös se, että järjestelmä on jo alusta pitäen rakennettu niitä koskevien vaatimusten mukaisesti ja käyttämällä vain veneolosuhteisiin soveltuvia materiaaleja. Näin ennaltaehkäistään sähköjärjestelmässä ilmeneviä vikoja sekä vähennetään huollon tarvetta.

## ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Boat Manufacturing

VIRTANEN, URHO

Electrical System Maintenance and Requirements of a Boat

Bachelor's Thesis

49 pages + 1 pages of appendices

Supervisor

Marko Saxell, Senior Lecturer

Commissioned by

KymiTechnology

April 2012

Keywords

boat, electrical system, maintenance

The purpose of this thesis was to collect knowledge of electrical system maintenance and requirements of a boat. The main idea of this thesis was to write guidelines for those working in electrical system maintenance and doing regular checks.

The main reason to begin to write thesis of this topic was noticing that there is lack of knowledge of electrical system of a boat. At the same time when boats become more dependent on electricity, not to mention electric boats, there are only a few people who have knowledge of the system's maintenance. The reason is quite obvious; we have not adequate training opportunities for marine electricians in Finland.

At the beginning of this process was exploring all kind of literature concerning boat electricity. The thesis is written to adjust collected data to the legislation and climate of Finland. In this thesis the literature of electric systems of cars is also used as a source materials because many electrical parts of boats are similar to electrical systems of cars.

It was notable that one of the most important things is to inspect all electrical connections for cleanliness and tightness. The biggest problem is the oxidizing of connections over time which causes resistance and harmful voltage drop in circuit. The best way to eliminate the most common errors in an electrical system is to build it properly at once and use components only which are made for marine use. This will be reducing unexpected errors and needed maintenance.

## SISÄLLYS

### TIIVISTELMÄ

### ABSTRACT

1. JOHDANTO .....	6
2. AKUT .....	7
2.1 Akkutyypit .....	7
2.2 Mekaaninen huolto .....	8
2.3 Akkujen asennus .....	10
2.4 Akkujen kunto .....	11
2.5 Akkujen lataus .....	14
3. LATAUSJÄRJESTELMÄ .....	15
3.1 Hihna ja hihnapyörä .....	16
3.2 Generaattorin puhdistus .....	17
3.3 Johdinliitosten ja johtimien kunto .....	17
3.4 Hiiliharjojen tarkastus ja vaihto .....	19
4. KÄYNNISTYSJÄRJESTELMÄ .....	19
4.1 Käynnistimen huolto ja vianetsintä .....	19
4.2 Hammaskehän kunnostaminen .....	22
5. JOHTIMET JA LIITTIMET .....	22
5.1 Johdinten valinta .....	23
5.2 Johdinten asennus ja liitokset .....	24
5.3 Jännitehäviö .....	33
5.4 Virtapiirin vianetsintä .....	36
5.5 Maston johtimien tarkastus .....	37
6. SULAKKEET .....	38
7. KYTKIPANEELIT .....	41
7.1 Pääkytkin .....	43
8. PISTORASIAST JA KIPINÄSUOJAUS .....	44
9. KORROOSIOSUOJAUS .....	45
10. JOHTOPÄÄTÖKSET .....	47
LÄHTEET .....	49

## LIITTEET

Liite 1. Johtimen vaatimukset, tasavirtajärjestelmä

## 1. JOHDANTO

Veneiden sähkölaitteiden määrä on viimeisten vuosikymmenen aikana kasvanut voimakkaasti. Siinä, missä ennen veneiden sähköiset laitteet olivat vain isojen veneiden varusteita, ovat sähköiset laitteet nykyään arkipäivää jo pienissäkin veneissä. Tämä on helpottanut veneilyä ja luonut siihen mukavuutta, mutta se on samalla myös tuonut omat murheensa. Jopa 90 prosenttia veneen omistajista on kokenut veneessään jonkin sähköisen vian (Calder 2012, 54). Niin vanhoissa kuin uudemmissakin veneissä huolimattomasti toteutettu sähköjärjestelmä saattaa olla oikutteleva tai jopa suoranainen paloturvallisuusriski. Tilannetta ei yhtään helpota veneiden sähköjärjestelmiin kohdistuvat ympäristön aiheuttamat rasitukset, kuten tärinä ja kosteus. Vanhoissa veneissä ongelmia saattaa lisäksi aiheuttaa tee-se-itse -periaatteella ja huonolla tietämyksellä toteutetut sähkölaitteiden jälkiasennukset. Vaikka sähköjärjestelmä veneessä toimisikin vielä hyvin, kannattaa sitä säännöllisesti valvoa ja huoltaa ennen häiriöiden ilmene- mistä. Sähköjärjestelmän hyvä kunto paitsi rauhoittaa veneen omistajan mieltä, se myös osaltaan parantaa veneilyturvallisuutta.

Valitsin veneen tasavirtajärjestelmän huollon ja vaatimustenmukaisuuden insinööri- työni aiheeksi, koska kirjallisuutta veneiden sähköjärjestelmistä on olemassa todella niukasti samaan aikaan, kun veneiden sähköjärjestelmät mielletään usein haasteellisiksi ja vaarallisiksi huoltaa. Aiheen valintaan vaikutti myös kentällä oleva yleinen tiedon puute veneiden sähköjärjestelmistä. Tulevaisuudessa asiantuntijuutta tarvittaneen yhä enemmän veneiden sähköjärjestelmien monimutkaistuessa ja niiden vaatimuksien kas- vaessa, kun sähköiset laitteet lisääntyvät veneissä.

Tämän insinööriyön tavoitteena on kerätä tietoa veneen sähköjärjestelmän huoltami- sesta ja vaatimustenmukaisuudesta. Omat haasteensa tämän työn tekemiseen tuo mel- ko vähäinen lähdemateriaali. Kirjallisuutta veneen sähköjärjestelmistä on maailman- laajuisestikin olemassa niukasti. Työn tavoitteena on kerätä tietoa ja opastaa, mitä ve- neen sähköjärjestelmän huolto käytännössä pitää sisällään. Työssä käydään järjestel- mällisesti läpi myös veneiden tasavirtasähköjärjestelmää koskeva standardi.

## 2. AKUT

Akut ovat koko veneen sähköjärjestelmän sydän. Siitä huolimatta sähköjärjestelmän viat veneessä johtuvat yleisimmin akuista (Calder 2012, 54). Niiden hoito ja kunnossapito on helppoa, mutta sitäkin tärkeämpää.

### 2.1 Akkutyypit

Eri akkuvaihtoehtoja on tarjolla useita eri käyttötarkoituksien mukaan. Tässä yhteydessä käsitellään veneissä tyypillisesti käytettyjä akkutyyppejä. Useimmiten hieman-kin suuremmissa veneissä käytetään niin sanottua kaksoisakkujärjestelmää. Tämä tarkoittaa sitä, että moottorin käynnistämiseen sekä muuhun virrankulutukseen veneessä on omat erilliset akkunsä. Moottorin käynnistämiseen käytetään nimensä mukaisesti käynnistysakkuja ja muuhun virrankulutukseen syväpurkausakkuja.

Syväpurkausakut kestävät nimensä mukaisesti hyvin toistuvasti pitkään jatkuvaa purkausta ja sen jälkeen tapahtuvaa latausta. Tämän vuoksi tämä akkutyyppi soveltuu hyvin veneiden kulutusakukuiksi. Akun valmistajasta ja akkumallista riippuen akut kestävät 800 – 1500 sykliä, joissa akun varaus annetaan laskea 50 prosenttiin akun nimelliskapasiteetistä, minkä jälkeen akku ladataan uudelleen täyteen. Akun elinikä riippuu syklien määrästä sekä siitä, kuinka paljon akun kapasiteetistä käytetään syklien aikana. Mitä vähemmän akun varausta puretaan syklien aikana sitä pidempään akun voi olettaa pysyvän kunnossa. Tyypillinen syväpurkausakun elinikä on 5 – 10 vuotta, mikäli akku on ladattu asianmukaisesti. Mikäli akku ei ladata säännöllisesti aivan täyteen, johtuen esimerkiksi latausvirtapiirin jännitehäviöiden takia, akun varauskyky saattaa nopeasti heikentyä ja aiheuttaa akulle pysyviä vaurioita. (Payne 2007, 14 – 15.)

Käynnistinakulta sen sijaan vaaditaan kykyä luovuttaa nopeasti suuri määrä virtaa esimerkiksi moottorin käynnistämiseksi. Käynnistinakkuja voidaan käyttää veneissä myös muun muassa keulapotkurin ja ankkurivinssin voimanlähteenä, jotka samalla tavoin tarvitsevat hetkellisesti suurta virtamäärää. Käynnistinakut eivät kestä syväpurkautumista. Jos käynnistinakku pääsee syväpurkautumaan, akun elinikä jää erittäin lyhyeksi. Pisimmillään käynnistinakun elinikä on silloin, kun sen varaus ei pääse koskaan laskemaan alle 95 prosentin sen nimelliskapasiteetistä. Latausominaisuuksiltaan käynnistinakut ovat lähes samanlaisia kuin syväpurkausakut. Käynnistinakuissa tärkeintä on huomioida se, ettei käynnistinakun tule olla pitkiä aikoja alentuneessa varustilassa. (Payne 2007, 14 – 15.)

## 2.2 Mekaaninen huolto

Useat akun tarkkailutoimet pystytään usein tekemään akkujen ollessa paikalla. Joskus akut joudutaan kuitenkin irrottamaan kattavampaa huoltoa varten. Akun kenkiä irrotettaessa tulee varmistua, ettei mitään virrankuluttajia ole toiminnassa. Akun maadoitettu akkukaapeli irrotetaan ensimmäisenä ja kiinnitetään viimeiseksi. Tällä tavoin toimien johtoliitokset eivät kipinöi, eikä irrotustyökalu voi aiheuttaa oikosulkua. Jos akun navoissa ja akkukengissä on kerrostumia, ne tulee puhdistaa. Valkoinen pinta napojen ympärillä kertoo liiasta veden lisäämisestä, vuotavista tulpista tai vuodoista akun kannessa. Se ei vielä merkitse sitä, että akku olisi huono, mutta navat tulee joka tapauksessa puhdistaa. Puhdistamiseen voi käyttää veistä, viilaa teräsharjaa tai hiontapaperia. (Sähkö ja Vene 2010, 12; Hämäläinen, Juhala, Suominen & Tammi 1995, 239, 240.) Samalla tarkistetaan, että akun navat eivät ole koholla tai ne eivät ole muuten muuttaneet muotoaan (Payne 2007, 22).



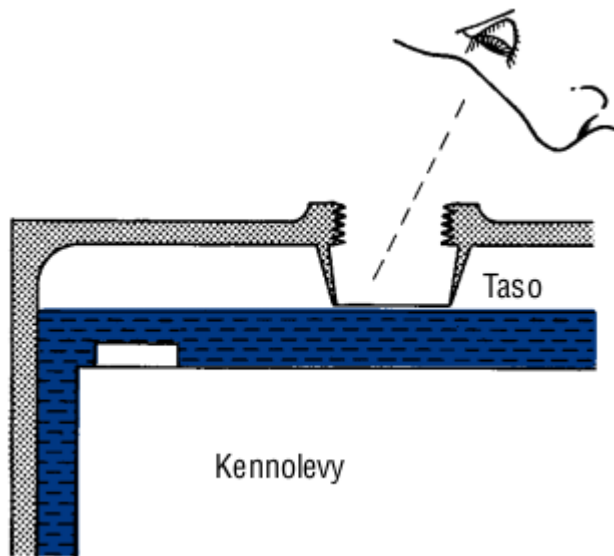
Kuva 1. Hapettunut akunkenkä. Akun napojen ja akkukenkien puhtaus on koko veneen sähköjärjestelmän kannalta elintärkeää. Akun napojen puhtaus tulee tarkistaa vuosittain. (Honda hot list –blogi 16.4.2012.)

Myös akun kannen puhtaus on tärkeää. Kosteus ja mahdollinen suola tai muu lika voi muodostaa akun positiivisen ja negatiivisen navan välille sähköisen yhteyden joka hiljalleen purkaa akun varausta (Payne 2007, 22). Kannen ja akun navat voi esimerkiksi pestä tai pyyhkiä kostealla rätillä. Pesuaineena voi käyttää veteen sekoitettua leivinjauhetta tai alkalista saippuaa (vihersaippua). Akku tulee huuhdella hyvin, mutta vettä ei saa päästää menemään akun sisään kennoihin. (Sähkö ja Vene 2010, 12.) Lopuksi kennotulppien ilmareiät puhdistetaan ohuella metallilangalla tai neulalla (Hämäläinen ym.1995, 240).

Jos akut ovat lyijyakkuja on tärkeää huolehtia akun sisältämän nesteen eli elektrolyytin riittävydestä. Elektrolyytin taso tarkastetaan jokaisesta kennosta joko tarkkailuikku-



nan tai irrotetun tulpan kautta. Elektrolyyttiä tulee olla noin 5 – 10 mm yli kennolevyjen tai akkuun merkittyyn merkkitasoon asti. On muistettava, että vain tislattua tai ionisuodatettua vettä eli niin sanottua akkuvettä tulee käyttää akkujen jälkitäyttöön. Jos elektrolyytin pinta vajoaa vain yhdessä tai useammassa kennossa, akku ei luultavasti ole enää tiivis. Jos vettä on muuten lisättävä usein, saattaa generaattorin latausjännite olla liian suuri. Huoltovapaat akut ovat yleensä täysin suljettuja ja vedenlisäysmahdollisuutta kennoihin ei ole. (Hämäläinen ym. 1995, 239, 242; Sähkö ja Vene 2010,12.)

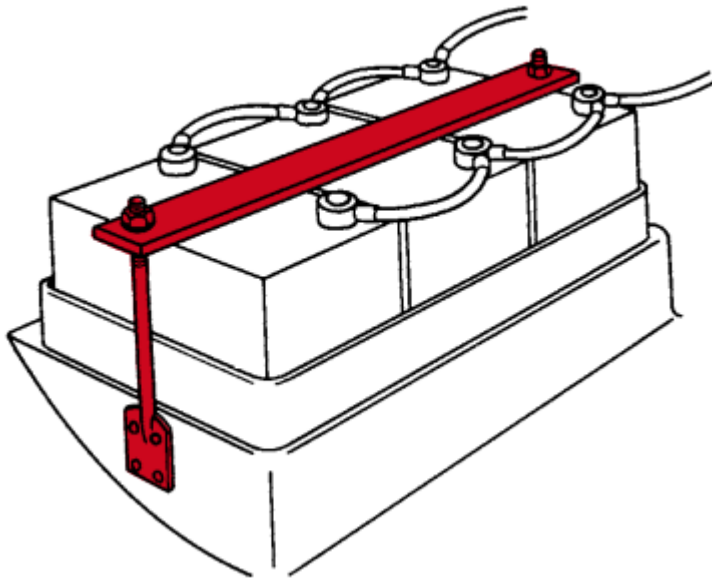


Kuva 2. Elektrolyytin määrän tarkistus. Lyijyakuissa elektrolyytin määrä tarkistetaan silmämääräisesti avatun tulpan kautta tai akun kyljestä olevasta tarkkailuikkunasta. Elektrolyyttiä tulee olla 5 – 10 mm yli kennolevyjen. (Sähkö ja Vene 2010, 12)

Ennen akkukengien liittämistä takaisin akkuun on varmistuttava niiden kunnosta. Jos johtosäikeet ovat katkeilleet tai akunkengät ovat vioittuneet, ne aiheuttavat ylimääräisiä jännitehäviöitä, ja ne on siksi vaihdettava uusiin. Akkuja takaisin asennettaessa on oltava erityisen huolellinen, että oikea akkujohdo kytetään oikeaan napaan. Akkujohdojen väärinpäin kytkeminen saattaa aiheuttaa laturin diodien välittömän rikkoutumisen. Ennen akkukengien asettamista akun napoihin navat sivellään ohuesti vaseliinilla. Kun liittimet on kiristetty, voidaan navat ja liittimet voidella myös päältä päin. Navat voidaan vaihtoehtoisesti suojata myös akkulakalla. Akkukengät on kiristettävä kunnolla napoihin, akun positiivinen johto ensin. (Hämäläinen ym. 1995, 240.) Akkukaapelien mekaaninen kiinnitys akun napoihin ei saa olla riippuvainen jousikuormasta (SFS-EN ISO 10133 2000, 4).

### 2.3 Akkujen asennus

Akut tulee kiinnittää huolellisesti paikoilleen kuivaan ja tuulettuvaan tilaan, arvioidun pilssivesitason yläpuolelle. Likainen akkukotelo sekä kiinnittimet tulee puhdistaa ja rikki hapettuneet osat kunnostetaan tai uusitaan. Akkukotelon tulee olla akkuhappoja kestävä. Näin varmistetaan ettei syövyttävää elektrolyyttiä pääse valumaan pilssiin mikäli akku jostain syystä pääsee vuotamaan. Akkuja kiinnitettäessä tulee ottaa huomioon akkujen kiinnityksiin kohdistuvat voimat sekä pysty, että vaaka suunnassa, kun veneellä liikutaan sille tarkoitetuissa olosuhteissa. Akku ei saa päästä liikkumaan 10 mm enempää mihinkään suuntaan, kun kiinnitettyyn akkuun kohdistetaan voima, jonka suuruus vastaa kaksi kertaa akun painoa. Akku tulee asentaa aina suoraan, mutta moottoriveneessä akun tulee kuitenkin sietää 30 °:n ja yksirunkoisissa purjeveneissä 45 °:n kallistuma vuotamatta elektrolyyttiä. (SFS-EN ISO 10133 2000, 4; Hämäläinen ym. 1995, 240.)



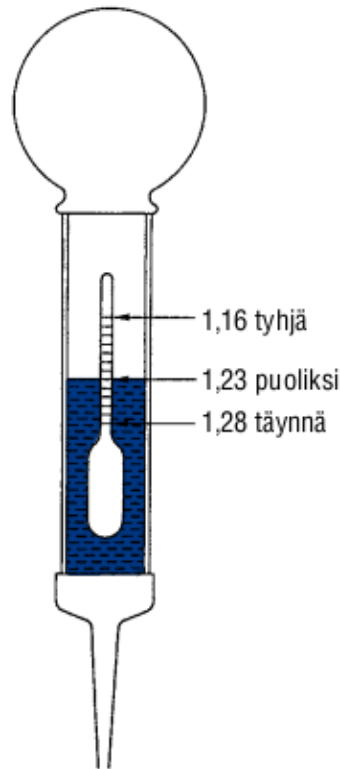
Kuva 3. Akkujen asennus. Akut tulee aina asentaa tukevasti elektrolyyttiä kestäväan akkukoteloon. Akku ei saa päästä liikkumaan 10 mm enempää mihinkään suuntaan, kun siihen kohdistetaan voima, jonka suuruus vastaa kaksi kertaa akun painoa. (Sähkö ja Vene 2010, 35)

Akkujen tulee olla asennettu, suunniteltu ja suojattu siten, että metalliset esineet eivät joudu odottamattomaan kosketukseen akun napojen kanssa. Akkuja ei saa asentaa suoraan polttoainetankin tai -suodattimen ylä- tai alapuolelle, eikä mikään polttoainejärjestelmän metallinen komponentti saa olla 300 mm lähempänä akkua sen yläpuolella ilman komponentin sähköistä eristämistä. (SFS-EN ISO 10133 2000, 4.)

## 2.4 Akkujen kunto

Akkujen kuntoa tulee seurata säännöllisesti ja erityisesti silloin, kun akku osoittaa purkautuneen oireita. Jos akut ovat lyijyakkuja, pystyy niiden elektrolyytin tiheyden eli ominaispainon mittaamaan happomittarilla. Mitä parempi varaus akussa on sitä tiheämpää elektrolyytti akussa on. Täyteen ladatussa akussa elektrolyytin tiheyden tulee olla 1,28. Jos akun tiheys on alle 1,18, on akku melkein tyhjä (Sähkö ja Vene 2010, 11). Akun normaalissa käytössä elektrolyytin tiheyden pitäisi olla 1,24:stä 1,28:aan 15 °C:n lämpötilassa (Payne 2007, 21). Jos tiheys on alle 1,22 pitäisi akku varata erillisellä varaajalla. Jos tiheys on suurempi, voidaan akku laittaa takaisin käyttöön. Tyypilliset ominaispainon arvot on esitetty taulukossa 1. Jos mitattavasta tuloksesta halutaan tarkka, pitää ottaa huomioon lämpötilan muutoksen aiheuttama nesteen tiheyden muuttuminen. Normaaleissa olosuhteissa muutos on merkityksettömän vähäinen, mutta jos pyritään tarkkoihin arvoihin + 20...30 °C:n lämpötiloissa, korjataan mittaustulos arvolla n. 0,07 %/°C. Kylmästä nesteestä mitattua tulosta pienennetään ja lämpimästä mitattua suurennetaan. Tiheyden muutokset muuttavat myös nesteen jäätymlämpötilaa, mikä on otettava erityisesti huomioon talviaikaan. Purkautunut akku saattaa jäätyä talven pakkasissa. (Hämäläinen ym. 1995, 241.)

Akun lataamisen tai purkamisen jälkeen on odotettava vähintään puoli tuntia kennojen varauksen tasaantumiseksi. Jos akkuvettä on jouduttu lisäämään, lisäämisen jälkeen akun tulee ainakin kerran antaa latautua, jolloin lisätty vesi sekoittuu kunnolla muun elektrolyytin kanssa. Ominaispainomittarin tulee olla puhdas ja ehjä eivätkä sen kumiosat saa olla halkeilleet. Mittaria luettaessa sitä on pidettävä suorassa ja varmistettava, ettei putken sisässä oleva anturi ole kosketuksissa putken seinämään siten, että se vääristäisi mittaustulosta. Elektrolyyttiä pitää imeä riittävästi ominaispainomittarin putken sisälle siten, että uimuri kelluu vapaasti. Jos uimuri ottaa kiinni mittarin yläosaan, elektrolyyttiä on jo liikaa. Uimurin varressa on asteikko, johon on merkitty tiheyslukemia tai vain alueet: täysi – puoliksi varattu – tyhjä. Katsotaan, mikä lukemista on nestepinnan tasolla, ja päätellään sen mukaisesti akun varautuneisuusaste. Käytön jälkeen ominaispainomittari pestään puhtaalla vedellä. Huoltovapaat akut ovat yleensä täysin suljettuja, ja näitä huoltotoimenpiteitä ei niihin pystytä tekemään. (Hämäläinen ym. 1995, 240, 242.)



Kuva 4. Ominaispainomittari. Uimurin varressa on joko tiheyslukemia tai vain alueet: täysi – puoliksi varattu – tyhjä. Arvo luetaan nestepinnan tasolta. (Sähkö ja Vene 2010, 11)

Ominaispainomittari ei kuitenkaan välttämättä kerro akkujen todellista kuntoa. Saman aikaisesti kun elektrolyytin tiheys on suuri, saattaa kennojen levyjen aktiivisesta massasta osa olla irronnut ja maata hyödyttömänä akun pohjalla. Akun kunnosta luotettavammin kertovat akun lepojännite sekä kuormituskoee. (Sähkö ja Vene 2010, 12.)

Lepojännite tulee mitata tarkalla volttimittarilla. Tyypilliset moottorin omat mittalaitteistot eivät ole tarpeeksi tarkkoja. Ero täyteen ladatun ja purkautuneen akun lepojännitteessä on alle yksi voltti, joten tarkkuus on tärkeää. Akun lepojännite mitataan vähintään 30 minuutin kuluttua akun lataamisen tai purkamisen jälkeen. Lepojännite mitataan aina suoraan akun navoista. Tyypilliset jännitteiden arvot esitetty taulukossa 1. (Payne 2007, 22.)

Taulukko 1. *Akun elektrolyytin ominaispaino ja lepojännite.* (Payne 2007, 23)

Akun varaus	Elektrolyytin ominaispaino	Lepojännite
100 %	1,250	12,75
90 %	1,235	12,65
80 %	1,220	12,55
70 %	1,205	12,45
60 %	1,190	12,35
50 %	1,175	12,25
40 %	1,160	12,10
30 %	1,145	11,95
20 %	1,130	11,85
10 %	1,115	11,75
0	1,100	11,65

Kuormituskoe tehdään ainoastaan jos akun kuntoa epäillään (Payne 2007, 23). Kuormituskoealaitteisto koostuu tyypillisesti virtamittarista, jännitemittarista ja säädettävästä kuormitusvastuksesta. Laitteisto kytketään tukevasti akun napoihin. Tämä jälkeen akua kuormitetaan hetkellisesti ottamalla akusta suurta virtaa. Kuormitusvirran suuruus voidaan laskea DIN-normin mukaisille akuille seuraavalla yhtälöllä:

$$I_L = \frac{3Q}{1 h} \quad (1)$$

missä  $I_L$  on kuormitusvirta [A] ja  $Q$  on akun kapasiteetti [Ah].

Esimerkiksi jos akun kapasiteetti on 85 Ah, kuormitusvirta on tällöin

$$I_L = \frac{3 * 85 Ah}{1 h} = 255 A \quad (2)$$

Kokeen alussa kuormitusvastusta säädetään niin, että virtamittari osoittaa lasketun kuormitusvirran arvoa. 10 – 15 sekunnin kulutta luetaan jännitemittari. Kun jännite on saatu luetuksi, poistetaan kuormitus. Akun kuormittamisen seurauksena napajännite putoaa. Huonossa akussa jännite putoaa enemmän kuin hyvässä akussa. Koetuloksia verrataan taulukon 2 arvoihin. Taulukon arvot soveltuvat noin +20 °C:n lämpötiloissa tehtyihin kuormituskokeisiin. (Hämäläinen ym. 1995, 245.)

Taulukko 2. *Akun kunnon määrittely.* (Hämäläinen 1995, 245)

Nimellisjännite (V)	Jännite kuormitettuna (V)	Akun kunto
12	yli 9,6	hyvä
12	9,0 – 9,6	välttävä
12	alle 9,0	heikko

## 2.5 Akkujen lataus

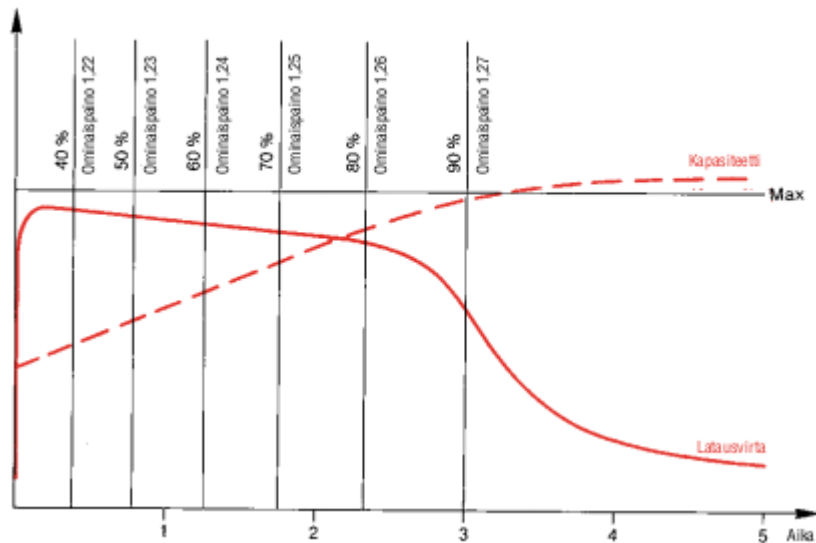
Akkutyypistä riippumatta akkujen lataus on akuille hyväksi ja pitää akun aktiivisen massan pehmeänä (Sähkö ja Vene 2010, 13). Valitettavan usein akkuja kuitenkin aliladataan, mikä johtaa akkujen sulfatoitumiseen ja ennenaikaiseen varauskyvyn alenemiseen. Tämä on tyypillistä, vaikka käytettäisiin nykyaikaisia suurtaajuus latureita monimutkaisine jännitesäätimineen. Yleisin syy on liian alhainen latausjännite. (Calder 2012, 58.) Tähän aiheeseen palataan latausjärjestelmän yhteydessä.

Latauksen käynnistyttyä akun napoihin kytketyn volttimittarin näyttämä nousee nopeasti. Kun akku on tyhjä volttimittari näyttää 13,2 – 13,8 voltia. Tämä merkitsee sitä, että akku ottaa vastaan paljon virtaa. Kun akku on lähes täynnä, sen vastaan ottama virta pienenee ja volttimittarin jännite nousee yli 14 voltin. Kun volttimittari näyttää 14,4 voltia, akku on täynnä ja virtaa ei enää kulje juuri ollenkaan. Tässä vaiheessa akku alkaa muodostaa kaasua. (Sähkö ja Vene 2010, 13.)

Jos akun elektrolyytin tiheys on alle 1,18 tai akun lepojännite on alle 12,3 voltia, kannattaa akulle tehdä hidasvaraus. Tämä edellyttää akun irrottamista veneestä ja sen lataamista erillisellä varaajalla. Akun nestemäärä tulisi tarkastaa ja sen jälkeen kennotulpat tulisi jättää löysästi paikoilleen. Näin latauksen aikana poreileva neste ei pääse valumaan akusta ulos, mutta latauksessa syntyvien kaasujen kulku on esteetöntä. Varaajan jännite valitaan sellaiseksi, että virtamittari osoittaa akun valmistajan suosittelemaa uusintavarausvirtaa, joka on tyypillisesti 5 – 10 A. (Hämäläinen ym. 1995, 243.) Pieni latausvirta on aina suurta parempi, mutta tällöin lataus vie aikaa enemmän (Sähkö ja Vene 2010, 12).

Akun hidasvaraus on suositeltavaa tehdä vakiovirralla. Vakiovirralla lataaminen kuitenkin edellyttää, että varaajan jännitettä on ajoittain lisättävä, sillä akun varautuessa

myös sen napajännite kasvaa. Automaattivaraajia käytettäessä tästä ei tarvitse huolehtia sillä ne pitävät virran vakiona koko latauksen ajan ilman säätöjä. Suositeltavaa olisi 2 – 3 tunnin välein tarkastaa nestemäärä ja mitata tiheys. Akun varaaminen tulee lopettaa, kun elektrolyytin tiheys ei enää nouse. Tyhjän akun varaamiseen menee noin 5 – 15 tuntia. Akkukapasiteetin viimeisen 10 prosentin lataaminen vaatii aina pitkän latausajan. Varaajan jännite on katkaistava ennen johtojen irrottamista. (Hämäläinen 1995, 243; Sähkö ja Vene 2010, 5.)



Kuva 5. Akun varautuminen ajan funktiona. Viimeisen 10 prosentin lataaminen vaatii aina pitkän latausajan. (Sähkö ja Vene 2010, 5)

### 3. LATAUSJÄRJESTELMÄ

Akusto toimii veneissä pelkkänä sähköenergian varastona ja sen varastointikyky on rajallinen. Veneessä tarvitaan yksi tai useampi generaattori, joka pitää akuston varaustilan riittävän suurena kaikissa tilanteissa. Vaikka generaattorit ovat rakenteeltaan varmatoimisia, vaativat nekin joskus huoltamista ja valvontaa. Kun lisäksi nykyään yhä voimakkaammin yleistyneet sähköä kuluttavat laitteet veneissä ovat kasvattaneet virrankulutusta, vaaditaan latureilta yhä tehokkaampaa ja varmempaa toimintaa. (Nieminen 2008, 127, 167.)

Latausjärjestelmän yleisimmät viat johtuvat diodien vikaantumisesta tai generaattorin ylikuumenemisesta. Diodien rikkoutumisen välttämiseksi on erittäin tärkeää muistaa, että virran pääkytkintä ei tule missään tilanteessa aukaista, kun moottori on käynnissä. Generaattorin ylikuumeneminen sen sijaan johtuu usein generaattoriin liitetystä kapasi-

teetiltaan liian isosta akkuryhmästä. Generaattoriin virrantuotton pitäisi olla vähintään noin 30 % siihen liitettävästä akkukapasiteetista. (Payne 2007, 42, 45.)

### 3.1 Hihna ja hihnapyörä

Generaattorin hihnan kireys tulee tarkastaa määräajoin, noin kerran kuukaudessa. Jos hihna on liian löysällä, se vain liukuu eikä pyöritä generaattoria. Liukuva hihna kuluu nopeasti pilalle ja tuottaa runsaasti lämpöä, mikä saattaa vahingoittaa generaattoria. Liian kireä hihna sen sijaan rasittaa tarpeettomasti generaattorin laakereita ja saattaa vahingoittaa niitä. Hihna on uusittava, jos siinä on murtumia tai se liiaksi kuluneena ottaa kiinni hihnapyörän hihnauran pohjaan, eikä hihnaa siten enää voi normaalilla tavalla kiristää. Hihnan murtumat pystyy parhaiten havaitsemaan kääntämällä hihnan väärinpäin siten, että sen sisäkehästä tulee ulkokehä. Jos hihnassa tällöin havaitaan murtumia tai muita havaittavia heikentymisiä, hihna on syytä vaihtaa. Samalla pitää myös varmistua, että hihna on puhdas öljystä ja rasvasta. Myös hihnapyörä saattaa vaatia joskus vaihtamista. Etenkin jos pyörät ovat kevytmetallia, ne saattavat kulua niin, että hihna pääsee uran pohjalle saakka eikä enää pidä. (Hämäläinen ym. 1995, 400; Payne 2007, 55.)



Kuva 6. Halkeillut moniurahihna. Jos laturin hihnassa on havaittavissa halkeamia tulee se vaihtaa uuteen. (Peugeot-foorumi 20.4.2012)

Se, kuinka kireälle hihna on kiristettävä, riippuu monesta asiasta, kuten generaattorin tehosta, hihnapyörän koosta, hihnan paksuudesta ja hihnapyörien välimatkasta. Yleisohjeena voidaan kuitenkin pitää, että joustoa hihnan pisimmällä sivulla kannatta olla 12 – 20 mm. Hihnapyörää kiristettäessä on oltava varovainen, sillä jos generaattorissa on kevytmetallikuori, se rikkoutuu helposti jos siihen kohdistetaan pistemäisiä voimia.



Siksi generaattoria pitäisi painaa mahdollisimman suurelta alalla hihnaa kiristettäessä. Esimerkiksi laudanpala saattaa olla sopiva työkalu kiristykseen. Suuritehoisissa generaattoreissa on useita kiilahihnoja tai moniurahihna. (Hämäläinen ym.1995, 400.)

### 3.2 Generaattorin puhdistus

Jos generaattoriin on kertynyt likaa, kuten kiilahihnan pölyä, tulee se puhdistaa. Puhdistus on tärkeää, sillä lika toimii eristekerroksena ja vaikeuttaa generaattorin jäähtymistä ja voi täten aiheuttaa vaurioita. (Hämäläinen ym. 1995, 402.)

Puhdistuksen voi tehdä vedellä pesemällä. Pesuun voi käyttää moottorinpesuaineita, mutta niiden käyttöohjeita tulee noudattaa eikä pesuainetta tai vettä ei saa ruiskuttaa suoraan generaattorin sisään jäähdytysilma-aukoista. Pesun jälkeen generaattori tulisi välittömästi kuivata. Se voidaan tehdä esimerkiksi puhaltamalla generaattoriin paineilmaa jos sitä on käytettävissä. Käyttämällä moottoria muutaman minuutin ajan generaattori lämpenee ja kuivuu myös sisältä. Generaattori tulisi puhdistaa vuosittain. (Hämäläinen ym. 1995, 402; Payne 2007, 55.)



Kuva 7. Puhdas generaattori. Generaattorin ulkopuoli puhdistaa säännöllisesti. Jos generaattoria pestään tulee vedellä, tulee veden ruiskuttamista sisään kuvassa näkyvistä jäähdytysilma-aukoista välttää. (Kk-holding 20.4.2012)

### 3.3 Johdinliitosten ja johtimien kunto

Veneiden sähköjärjestelmien yleinen ongelmana on akkujen alilataus, joka johtaa akkujen sulfatoitumiseen ja akkujen ennenaikaiseen varauskyvyn heikkenemiseen. Yleisin ongelman aiheuttaja on jännitehäviöt latausvirtapiirissä. Tämä taas yleensä johtuu

virtapiirin huonoista liitoksista, alimitoitetuista johtimista tai akkujen eristysdiodeista. Tämän vuoksi johtimien riittävästä poikkipinta-alasta tulee varmistua ja kaikkien virtapiirin liitoksien kunto tulisi määräajoin tarkastaa. Monesti ongelmana on raskaan latausvirtakaapelin roikkuminen moottorista vapaana sekä moottorin aiheuttava jatkuva tärinä. Nämä yhdessä ovat omiaan aiheuttamaan kriittisen liitoksen löystymisen. Liitoksen löystyminen saattaa vakavimmassa tapauksessa aiheuttaa liittimeen johtavan pinta-alan pientymisen, minkä seurauksena liitin kuumenee, sulaa ja putoaa lopulta kiinnityspultin läpi. Jos kaapelin toinen pää on liitettynä akun plusnapaan, irtonaisella kaapelinpäällä konehuoneessa saattaa olla erittäin tuhoisat seuraukset. Kaapelin löystymisen estämiseksi liitos pitäisi aina varmistaa lukitusprikalla tai nylonmutterilla. (Calder 2012, 57, 59.) Kaikki laturin johdinten liitosten kireydet ja väsymiset sekä johtimien hankaumat tulisi tarkistaa kuukauden välein (Payne 2007, 55).



Kuva 8. Latausvirtakaapelin vahingoittunut eriste. Latausvirtakaapeli joutuu kovalle rasitukselle moottorin tärinän ja lämmön seurauksena. Hankaumat tulee tarkistaa kuukauden välein. (Calder 2012, 59)

Kaikki latausvirtapiirin johtimet tulee mitoittaa generaattorin suurimman tehon mukaisesti ottaen huomioon sallittu jännitehäviö sekä ympäröivä lämpötila. Plusjohtimessa, joka kulkee laturilta akulle tai latauksen jakajalle, kuten releelle tai diodille, sallitaan korkeintaan 5 %:n jännitehäviö. Monesti latausvirtapiirin johtimet ovat alimitoitettuja. (Payne 2007, 45.)

### 3.4 Hiiliharjojen tarkastus ja vaihto

Hiiliharjojen keskimääräistä kestoikää on vaikea arvioida yleispätevästi, mutta niiden kunto olisi hyvä tarkastaa 1500 käyttötunnin välein. Hiiliharjojen kunto määritetään mittaamalla niiden pituus. Pituutta verrataan valmistajan ohjearvoon. Jos hiiliharjat ovat ilmoitettuja arvoja lyhyemmät, tulee ne vaihtaa. Samalla olisi syytä mitata myös hiiliharjoja painavien harhajousten jousivoima. Jos jouset ovat löysät, vaihdetaan ne uusiin. Joskus jouset voivat olla kiinteästi yhdistettynä hiiliin niin, että jouset joudutaan vaihtamaan aina hiilien kanssa. (Hämäläinen ym. 1995, 402.)

Hiiliharjojen irrottamistavoissa on eroja eri generaattorien välillä. Joissain generaattorimalleissa ne voidaan irrottaa helposti generaattoria juurikaan purkamatta. Toisissa malleissa hiilien irrottaminen sen sijaan vaatii koko generaattorin purkamista. Mikäli generaattoria joudutaan purkamaan, kannattaa muutkin kuluvat osat tarkastaa silmä- määräisesti samalla kertaa. (Hämäläinen ym. 1995, 402.)

1500 käyttötunnin välein hiiliharjojen tarkastusten yhteydessä olisi hyvä varmistua myös generaattorin laakereiden kunnosta. Se tapahtuu parhaiten irrottamalla generaattori moottorista ja pyörittämällä käsin generaattorin roottoria. Mikäli laakerit pitävät ääntä tai akseli takertelee, on laakerit vaihdettava. Jokaisen 3000 käyttötunnin välein generaattorille tulisi tehdä perusteellisempi huolto, jossa mitataan generaattorin ulos antama suurin virta, tarkistetaan diodit sekä vaihdetaan laakerit. Huoltoja suorittavat esimerkiksi autosähköliikkeet. (Payne 2007, 55.)

## 4. KÄYNNISTYSJÄRJESTELMÄ

Polttomoottorin käynnistyminen edellyttää, että moottorin kampiakselia pyöritetään riittävän nopeasti, jotta sylinteriin muodostuisi käynnistymiseen tarvittava syttymiskelpoinen polttoaine-ilmaseos. Tämä taas edellyttää, että käynnistimen vääntömomentin on voitettava moottorin sisäisen kitkan ja puristuksen aiheuttamat vastamomentit. Dieselmoottorissa kaikki vastukset ovat vielä bensiinimoottoriakin suuremmat. Lisäksi pyörimisnopeuden on oltava dieselmoottoreissa niin suuri, että moottorin palotilojen ilma saadaan kuumennetuksi dieselin syttymislämpötilaan. Käynnistimen tehtävä ei siis ole helppo. (Nieminen 2008, 145.)

### 4.1 Käynnistimen huolto ja vianetsintä

Käynnistysmoottorit ovat yleensä hyvin vankkarakenteisia ja varmatoimisia laitteita. Veneissä yleisimmät käynnistinmoottorin viat johtuvat veneen kosteasta ympäristöstä

sekä käynnistinmoottorin vähäisestä käytöstä. Pienellä huolenpidolla nämä vikojen aiheuttajat voidaan kuitenkin pitää loitolla.

Hidastunut pyörintänopeus, kytkentävaikeudet tai epäilyttävät äänet ovat yleensä ensimmäisiä merkkejä siitä, että huoltotoimiin on syytä ryhtyä, ennen kuin käynnistimen toiminta lakkaa kokonaan. Hidas pyörintänopeus tai pelkkä naksahdus käynnistinmoottorissa ovat merkkejä heikosta virran saannista. Akulta tulevat virtakaapelit käynnistimelle tulee tarkistaa silmämääräisesti. Kaikki johdinliitokset tulee avata ja liittimet puhdistaa mikäli on pienikin epäily liitosten puhtaudesta. Veneen kostea ja suolainen ympäristö edesauttaa liitosten nopeaa hapettumista. Liitokset puhdistetaan esimerkiksi hiekkapaperilla tai viilalla ja sen jälkeen ne suojataan sopivalla suoja-aineella. Kaapelien johtavuudesta voidaan varmistua mittaamalla niiden aiheuttama jännitehäviö. Kaapeleiden jännitehäviöt virtapiirin suurimman kuormituksen aikana saavat olla korkeintaan 5 %. Toinen mahdollinen vika saattaa olla akun liian heikko varaus. Ennen vian etsimistä käynnistysmoottorista kannattaa aina ensin varmistua akun riittävästä varauksesta. (Karkinen 2011, 46; Payne 2007, 238.)

Tavallisin käynnistimen vika kauan paikallaan seisseissä veneissä on korroosion tai liian kertyminen käynnistimen akselille ja hammasrattaalle. Toisin sanoen käynnistimen toimimattomuuden tai viallisen toiminnan aiheuttaa voitelun ja puhdistuksen puute. Tällaisen vian korjaaminen vaatii jo yleensä käynnistysmoottorin irrottamista moottorista. Irti saatu käynnistin tarkistetaan ensin ulkoisesti. Kolhut, hapettumat, kiinni juuttunut akseli, rispaantuneet johtimet tai väljä laakeri antavat jo viitteitä mahdollisen vian laadusta. Ensimmäisenä käynnistinmoottori kannattaa kuitenkin puhdistaa hyvin. (Karkinen 2011, 47, 48; Payne 2007, 236.)

Solenoidin toimintaa voidaan testata kytkemällä käynnistinmoottoriin virta. Solenoidin toiminnasta pitäisi kuulua selkeä kytkeytymisääni ja käynnistimen etuosassa olevan bendix-laitteen pitäisi siirtää käynnistimen hammaspyörää eteenpäin. Mikäli hammaspyörä ei liiku, kannattaa akseli puhdistaa huolellisesti ja öljytä kevyesti. Mikäli tämäkään ei auta, pitää solenoidi purkaa. Solenoidin toiminnasta tulee tarkistaa solenoidin ankkurin vapaa liikkuvuus sylinterissä, pohjakytkimen toiminta sekä siirtohaarukan vapaa toiminta. Monesti jo pelkästään kaikkien osien huolellinen puhdistaminen saattaa auttaa. Kuluneet osat tulee vaihtaa. (Karkinen 2011, 48.)

Käynnistimen ollessa irti myös hiiliharjat kannattaa tarkistaa. Ne kuluvat ajan kanssa, minkä jälkeen ne tulee vaihtaa. Veneissä yleinen vian aiheuttaja on myös hiiliharjojen jumittuminen pidikkeisiin, mikä johtuu käynnistinmoottorin vähäisestä käytöstä. Hiiliharjojen tarkistuksen helppous riippuu käynnistintyyppistä. Joissain malleissa hiiliharjat pystyy tarkistamaan käynnistintä juurikaan purkamatta, mutta joissain malleissa purkaminen on välttämätöntä. (Karkinen 2011, 48; Payne 2007, 236.)

Mikäli käynnistin joudutaan purkamaan, kannattaa samalla tarkistaa myös käynnistimen muut osat. Esimerkiksi käynnistimen ankkuri tulee tarkistaa ulkopuolelta. Viirut ja urautumat kertovat ankkurin osuneen käämityksen, mikä on yleensä merkki kulu-neista laakereista. Tällaisen vaurion löydyttyä kannattaa harkita uuden vaihtokäynnistimen hankkimista, mikä on yleensä taloudellisesti kannattavampi vaihtoehto. Ankkurin mahdollinen pieni ruoste ei sen sijaan ole vaarallista. (Karkinen 2011, 48.)



Kuva 9. Käynnistimen ankkuri. Jos ankkurin käämityksessä on viiruja tai urautumia kertoo se laakereiden kulumisesta. Kuvan ankkurin käämityksessä ei ole havaittavissa kulumaa. Kollektorin urat pystyy tarvittaessa puhdistamaan ruuvimeisselin kärjellä. (Karkinen 2011, 49)

Ennen kokoonpanoa kaikki osat on hyvä puhdistaa. Yleensä käynnistinmoottori on mustan lian peittämä mikä johtuu hiiliharjoista irronneesta pölystä. Puhdistukseen kannattaa käyttää pelkkiä riepuja, liuottimia ei tule käyttää. Liikkuvat osat voidaan lopuksi voidella sopivalla vaseliinilla. (Karkinen 2011, 48.)



Kuva 10. Likaantunut staattorin käämitys. Jos käynnistin joudutaan purkamaan, kannattaa kaikki osat puhdistaa huolellisesti. Käynnistimen osat likaantuvat hiiliharjoista irrottuvan pölyn seurauksena. (Karkinen 2011, 49)

#### 4.2 Hammaskehän kunnostaminen

Elleivät moottorin hammaskehän hampaat ole merkittävästi kuluneet, voidaan hammaskehä kunnostaa viilaamalla pois hampaisiin muodostuneet purseet. Joissain tapauksissa saattaa olla myös mahdollista kääntää kehä vauhtipyörän päällä toisin päin. Mikäli hampaat ovat niin kuluneet, että hammaskehää ei enää voida käyttää, pitää hammaskehä tai koko vauhtipyörä vaihtaa. (Hämäläinen ym. 1995, 438.)

### 5. JOHTIMET JA LIITTIMET

Merkittävä osa veneiden sähköjärjestelmien vioista johtuu huonoista liitoksista sekä epäasianmukaisesti asennetuista kaapeleista. Järjestelmää huoltamalla ja tarkkailemalla sekä tekemällä asennukset asianmukaisesti ikäviltä yllätyksiltä voidaan välttyä.

Johtimien tehtävänä on kuljettaa virtaa paikasta toiseen niin, että matkalla aiheutuu mahdollisimman vähän jännitehäviöitä. Jännitehäviöt on otettava huomioon johtoja mitoittaessa ja tehtäessä niihin liitoksia. Jännitehäviöistä johtuvat viat veneen sähköjärjestelmässä ovat melko yleisiä. Syynä tähän ovat yleensä liian poikkipinta-alaltaan pienet johtimet, huonot liitokset tai kytkimet. Kaikkein kriittisimpiä liitoksia ovat

kaikki kitkaan perustuvat pistoliittimet, sulakeliittimet ja akkuun liittyvät johdinliitokset. Jos liitosten pintojen väliin muodostuu eristävä kerros, se aiheuttaa liitokset sisäisen resistanssin nousun ja jännitehäviön liitoksessa. Veneessä oleva kostea ja suolainen ympäristö on otollinen eristävän kerroksen syntymiseksi. Jännitehäviöiden seurauksena sähkölaitteiden toimintajännite laskee ja teho pienenee, mikä ilmenee esimerkiksi valojen himmentymisenä, moottorin laiskana starttaamisena tai muiden laitteiden virheellisenä toimintana. (Nieminen 1997, 198.)

### **5.1 Johdinten valinta**

Standardi ISO 10133 asettaa veneen tasavirtavirtajärjestelmän johtimien valinnalle seuraavia vaatimuksia. Veneissä johtimina tulee käyttää eristettyä monisäikeistä kuparijohdinta. Johtimen eristeen tulee olla paloa hidastavaa materiaalia. Jokainen johtimen, joka on osa sähköjärjestelmää, merkitys pitää olla jollain tavalla tunnistettavissa. Poikkeuksen tästä tekevät moottoriin integroidut johtimet, jotka moottorin valmistaja on asentanut. Kaikkien nollapotentiaaliin liitettävien johtimien tulee olla tunnistettavissa vihreästä tai keltaisilla raidoilla olevasta vihreästä eristeestä. Nollapotentiaaliin liitettävä johdin saa olla myös eristämätön. Edellä mainittuja johtimia ei saa käyttää plusjohtimina. Kaikki veneen nollapotentiaalijohtimet tulee kytkeä samaan potentiaaliin, jotta vuotovirtakorroosiota ei synny. Jos tasavirtajärjestelmän plusjohtimissa käytetään muuta tunnistustapaa kuin johtimen väriä, pitää tunnistustapa merkitä asianmukaisesti veneen sähkökaavioon. (SFS-EN ISO 10133 2000, 3, 5 – 6.)

Kaikkien tasavirtajärjestelmän nollajohtimien tulee olla eristeen väriltään mustia tai keltaisia. Jos veneessä on asennettuna vaihtovirtajärjestelmä, joka käyttää vaihejohtimena mustaa johdinta, tasavirtajärjestelmän nollajohtimena tulee käyttää keltaista johdinta. Mustaa tai keltaista johdinta ei saa käyttää tasavirtajärjestelmän plusjohtimena. Veneessä, jossa on asennettuna sekä tasavirta- että vaihtovirtajärjestelmä, tulee välttää käyttämästä ruskeaa, valkoista tai vaaleansinistä johdinta tasavirtajärjestelmässä, ellei järjestelmää ole selvästi merkitty ja erotettu vaihtovirtajärjestelmästä. (SFS-EN ISO 10133 2000, 6.)

Konetilassa käytettävien johtimen eristeen tulee olla luokiteltu kestävä vähintään 70 °C:n lämpötilaa. Johtimien tulee olla öljynkestäviä, vaipallisia tai suojattuja sukalla ja luokiteltuja hyväksytyille virroille (liite 1). (SFS-EN ISO 10133 2000, 6.) Ulos

asennettavien johtimien tulisi olla suojattu myös UV-säteilyn vaikutuksilta (Payne 2007, 123).

Veneen tasavirtajärjestelmän pitää olla täysin eristetty kaksoisjohdinjärjestelmä tai kaksoisjohdonjärjestelmä nollajohdin maadoitettuna. Veneen runkoa ei saa käyttää virran johtimena. Moottorin omassa johdinjärjestelmässä koneen runkoa voidaan käyttää nollajohtimena. (SFS-EN ISO 10133 2000, 3.)

## 5.2 Johdinten asennus ja liitokset

Johtimien järjestelmällinen ja siisti asennus jo sähköjärjestelmää tehtäessä on elintärkeää. Tällä varmistetaan järjestelmän toimivuus ja helpotetaan järjestelmän myöhempiä tarkastuksia ja huoltoja. Veneiden tasavirtajärjestelmiä sääntelevä standardi ISO 10133 asettaa johdinten asennuksille ja liitoksille useita vaatimuksia.

Tasa- ja vaihtovirta eivät saa kulkea samassa johdinjärjestelmässä, ellei jotakin seuraavaa tapaa niiden erottamiseksi ole käytetty.

- a) Jos käytetään moninapaisia kaapeleita, tulee tasavirtapiiri erottaa vaihtovirtapiiristä maadoitetulla metalliseinämällä, jonka virransietokyky on molempia virtapiirejä suurempi.
- b) Johtimet ovat eristettyjä ja ne on asennettu omaan osastoon johdinputkissa tai kanavissa.
- c) Kaapelit ovat asennettu kouruun tai hyllylle, jossa eri järjestelmät ovat fyysisesti erillään toisistaan.
- d) Järjestelmien erottamiseksi on käytetty erillisiä putkia tai kouruja.
- e) Tasavirta ja vaihtovirtajärjestelmän johdot on kiinnitetty suoraan alustalle vähintään 100 mm erilleen toisistaan. (SFS-EN ISO 10133 2000, 5.)

Vaipattomien johtimien tulee kulkea suojaputkissa tai kaapelikouruissa tai niiden tulee olla kiinnitettyinä vähintään 300 mm:n välein. Akkuun kiinnitetyt vaipalliset johtimet sekä akusta lähtevät akkukaapelit pääkytkimelle saakka tulee kiinnittää vähintään 300 mm:n välein. Ensimmäiseen tuentakohtaan saa olla matkaa enintään yksi metri. Muut vaipalliset johtimet tulisi kiinnittää vähintään 450 mm:n välein. (SFS-EN ISO 10133 2000, 5.) On erityisen tärkeää, että johdin on aina tuettu mahdollisimman läheltä liitintä (Calder 2012, 56).



Lisäksi on suositeltavaa, että johtimien tuennassa tulee käyttää vain ruostumattomia materiaaleja. Kiinnitettäessä tukia johtimeen tai johdinnippuun ei tuentaan tule kohdistaa suuria voimia, jotta johtimien eristeet eivät vahingoittuisi. (Payne 2007, 121.) Johtimien, jotka ovat vaarassa rikkoutua fyysisistä kosketuksista, tulee olla vaipallisia, kulkea suojaputkessa tai olla vastaavalla menetelmällä suojattuja. Johtimien kulkiessa laipion, kannen tai muiden rakenteiden läpi pitää johdot suojata hankautumista vastaan. (SFS-EN ISO 10133 2000, 5). Erityisen kriittisiä paikkoja ovat läpiviennit, joiden kohdalla johdin tekee samalla jyrkän mutkan (Calder 2012, 57 - 58). Hankautumista tulee estää esimerkiksi läpiviennillä tai muulla vastaavalla holkilla. Jos johdot kulkevat kannen tai vedenpitävien laipioiden läpi, pitää huolehtia läpivientien vedenpitävyydestä. (Payne 2007, 121.)



Kuva 11. Johtimen eristeen hankauma. Johtimen eristeen jatkuva hankautuminen teräviä reunoja vasten johtaa lopulta eristeen rikkoutumiseen ja oikosulkuun. (Calder 2012, 61)

Tasavirtajärjestelmän johdot tulee asentaa oletetun pilssivesitason yläpuolelle tai vähintään 25 mm sen tason yläpuolelle, jossa automaattisen pilssipumpun kytkin aktivoituu. Tämä koskee myös kaikkia niitä paikkoja, joihin vesi voi kerääntyä. Jos johtimia kuitenkin pitää asentaa pilssin alueelle, pitää johtimien ja liitosten olla suojattu vähintään IP 67:n tasoisesti ja liitoksia ei tule silloinkaan olla todennäköisen pilssivesitason alapuolella. Lisäksi johtimet tulee asentaa etäälle pakoputkesta sekä muista kuumista laitteista, jotka voivat vahingoittaa johtimia. Pienin sallittu etäisyys vesijäähdytetyistä

pakoputken osista on 50 mm ja ilmajäähdytetyssä pakoputkesta 250 mm, ellei pakoputkeen ole asennettu vastaavaa suojaa antavaa eristettä. (SFS-EN ISO 10133 2000, 6.)

Johtimien liitosten tulee olla suojattu säältä tai niiden tulee tiiveydeltään olla vähintään IP 55:n mukaisia. Kannen yläpuolella olevien liitosten, jotka ovat vaarassa altistua ajoittaisille veteen upotuksille, tulee olla tiiveydeltään vähintään IP 67. (SFS-EN ISO 10133 2000, 7.)

Johtimet tulisi asentaa niin suorin vedoin ja vähin liitoksin kuin mahdollista. Pienin johtimen taivutuskulman tulisi olla vähintään neljä kertaa johtimen halkaisija, jotta johdin ja sen eriste eivät vahingoittuisi. Suuria ja huonosti taipuvia johtimia ei pitäisi taivuttaa pienempään kulmaan kuin kuusi kertaa johtimen halkaisijan verran. (Payne 2007, 121, 123.)

Liittimien pulttien, muttereiden ja aluslevyjen tulee olla korroosion kestäviä ja galvanisesti yhteen sopivia johtimien ja liittimien kanssa. Alumiinisia tai suojaamattomasta teräksestä olevia pultteja, muttereita ja aluslevyjä ei tule käyttää. Lisäksi kaikki johtimet tulee asentaa liittämiin asianmukaisesti. (SFS-EN ISO 10133 2000, 7.)

Ruuvikiristeisten sekä ruuvittomien liitinyksiköiden tulee olla IEC 60947-7-1:n mukaisia. Muita hyväksytyjä liitintyyppejä ovat rengas- ja jousiliittimet, joiden kiinnitys pysyminen ei ole yksin riippuvainen ruuvin tai mutterin kireydestä. Kitkaan perustuvia liittimiä saa kuitenkin käyttää virtapiireissä, joissa kulkee korkeintaan 20 ampeerin virtoja ja jotka eivät irtoa liitoksesta, kun niihin kohdistetaan 20 newtonin vetävä voima. Niin sanottuja huppuliittimiä ei pidä käyttää lainkaan. Suojaamattomat liittimien ulokkeet pitää suojata tahatonta kosketusta vastaan suojuksella tai kauluksella, lukuun ottamatta maadoitusjärjestelmää. (SFS-EN ISO 10133 2000, 7 – 8).

Tinaamattomat puristin liitokset pitäisi tehdä siihen tarkoitettulla työkalulla. Jokaisen liittimen ja johtimen välisten liitoksen tulee kestää taulukon 3 mukaiset vetojännitykset toisistaan irtoamatta. Samaan liittimeen saa laittaa korkeintaan neljä johdinta. (SFS-EN ISO 10133 2000, 8.)

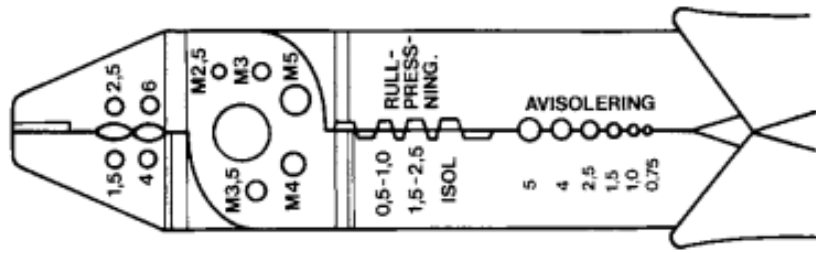
Taulukko 3. *Liitosten vetojännitykset* (SFS-EN ISO 10133 2000, 8)

<b>Johtimen koko mm<sup>2</sup></b>	<b>Vetojännitys N</b>	<b>Johtimen koko mm<sup>2</sup></b>	<b>Vetojännitys N</b>
0,75	40	25	310
1	60	35	350
1,5	130	50	400
2,5	150	70	440
4	170	95	550
6	200	120	660
10	220	150	770
16	260		

Johtimien juotosliitokset eivät ole suositeltavia veneessä. Tähän on kaksi syytä. Juotostinan sisältämä juotostahna sisältää happoa, joka syövyttää kuparia tinan ja kuparijohtimen rajasta. Tinatun kuparin syöpymistä erityisesti edesauttaa veneen kostea ja suolainen ympäristö. Toiseksi kuparijohtimen tinaaminen tekee johtimesta täysin jäykän, kun taas tinaamaton johdin on pehmeää ja taipuisa. Tärinän seurauksena tällaisen tinatun ja tinaamattoman kuparijohtimen rajapinta on altis murtumaan, sillä kuparille on ominaista, että jatkuvan taivutuksen seurauksena se kovettuu ja lopulta murtuu. (Sähkö ja Vene 2010, 29.)

Parhaita liitoksia ovat ilman juottamista tehdyt liitokset. Puristusliittimiä myydään usein sarjoina, jotka sisältävät useita erilaisia liittimiä. Puristusliitoksen luotettavuuden ja toimivuuden kannalta on tärkeää, että puristusliitos on puristettu oikein. Puristusliitosten tekemiseen on suositeltavaa käyttää vähän kalliimpia erikoispihtejä, jotka ovat tarkoitettu tähän käyttöön. Pihtien ansiosta puristusliitoksia tulee aina puristettua juuri oikea määrä, aiheuttaen liitimeen noin 75 %:n muodonmuutoksen. Halvemmillakin erikoispihdeillä puristinliitosten onnistuu, mutta puristavaa voimaa pitää kontrolloida pihtienkäyttäjän itse. Lisäksi halvemmilla erikoispihdeillä liitintä puristava pinta-ala on pienempi, jonka seurauksena liitospinta myös kaapelikengän sisällä jää pienem-

mäksi. (Sähkö ja Vene 2010, 29 – 30.)



Kuva 12. Halvat erikoispihdit. Halvoissa erikoispihdeissä liitöntää puristava pinta-ala on pieni ja puristavaa voimaa pitää käyttäjän itse kontrolloida. (Sähkö ja Vene 2010, 29)

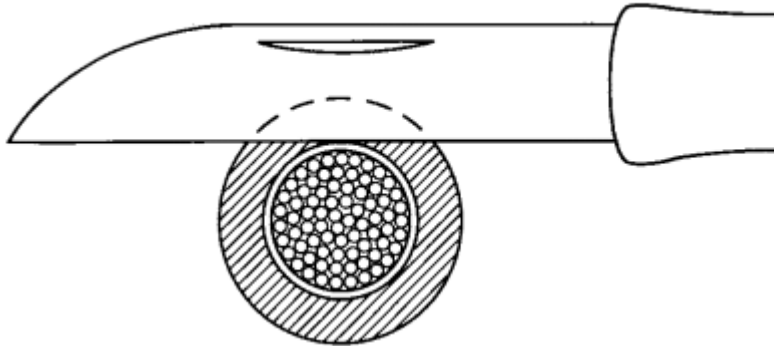
Puristusliitoksilla on muitakin etuja. Puristettavien liittimien poikkipinta-ala on värikoodattu siten, että punainen liitin soveltuu poikkipinta-alaltaan 0,5 - 1,5 mm<sup>2</sup>:n johtimille, sininen 1,5 - 2,5 mm<sup>2</sup>:n johtimille ja keltainen 3,0 - 6,0 mm<sup>2</sup>:n johtimille. Oikean kokoisen liittimen valitseminen on siis todella helppoa, mutta erittäin tärkeää liitoksen toimivuuden kannalta. (Payne 2007, 126.)

Mikäli käytetään ruuvikiristeisiä liittimiä, pitäisi ruuvin ja johdon väliin jäädä aina metallilevy, joka kohdistaa paineen johtimen säikeisiin. Pelkällä ruuvilla kiritettynä ruuvin pää murskaa johtimen säikeitä, jotka saattavat mennä poikki aiheuttaen virtapiiriin jännitehäviöitä. (Calder 2012, 56.)

Kaikki veneeseen asennettavat liittimet tulisi ostaa venetarvikekaupasta, jossa liittimet ovat tina- tai nikkeli päällysteistä kuparia. Autotarvikeliikkeet saattavat myydä päällystettyjä teräslittimiä, jotka eivät sovellu veneisiin. Erittäin tärkeää on myös se, että veneessä käytettävissä liittimissä on eristekaulus, joka voidaan puristaa johtimen eristeen kanssa yhteen. Ilman eristekaulusta liittimen varsinainen liitoskohta aiheuttaa johtimen päähän suuren rasituksen, joka tärinän seurauksena saattaa kovettua ja murtua. Eristekauluksen tehtävänä on siis tukea johdinta ja estää sen vioittuminen liitoksen kohdalta. (Calder 2012, 56.)

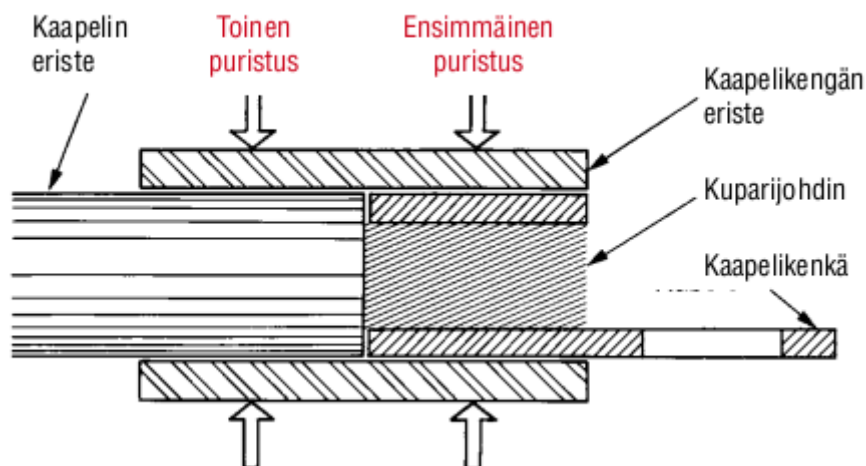
Tehtäessä johtimeen liitosta on johtimen eristettä poistettava liitoksen kohdalta. Parhaiten eristeen poisto johtimesta tapahtuu siihen tehdyillä erikoispihdeillä. Tällaisia pihtiä käyttämällä työ on paitsi helppoa, niin tulee se aina suoritetuksi myös juuri oikealla tavalla. Eristettä toki pystyy poistamaan myös käyttämällä esimerkiksi veistä ja sivuleikkureita. Veitsellä kuorittaessa johdinta, tehdään viilto eristeen ympärille, jonka jälkeen eristeen leikattu osa vedetään pois johtimesta pihdeillä. Tämä tapa vaatii taitoa

ja huolellisuutta. Johdin voi vahingoittua ja kuparilankoja leikkautua poikki, mikä aiheuttaa johtimen poikkipinta-alan pienentymisen. (Sähkö ja Vene 2010, 30.)

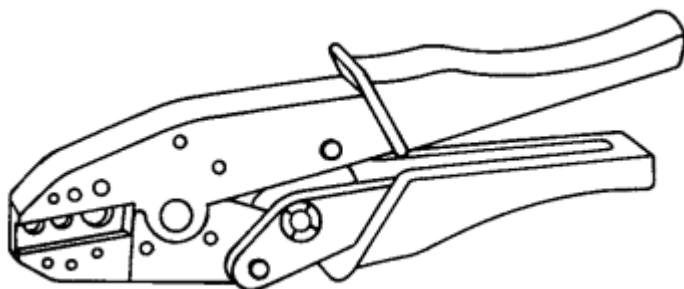


Kuva 13. Johtimen eristeen poistaminen veitsellä. Jos johtimen eristettä poistetaan veitsellä on oltava huolellinen, että johtimen säikeitä ei leikkaannu poikki, joka taas aiheuttaa johtimen poikkipinta-alan pienentymistä. (Sähkö ja Vene 2010, 30)

Kaapelikengää liitettäessä johtimeen on syytä olla huolellinen. Kaapelikengän hylsyn päällä olevan eristeen on tarkoitus suojata liitosta. Kaapelikengän eriste jatkuu kengän hylsyä pidemmälle taaksepäin. Oikein tehtynä, johtimen kuorittu osuus työntyy kaapelikengän hylsyn sisään koko hylsyn matkalta ja johtimen eriste työntyy samalla kaapelikengän eristeen alle. Tämän jälkeen tehdään puristukset johtimen ja liittimen toisiinsa kiinnittämiseksi. Ensimmäinen puristus tehdään aina hylsyosuuden päältä siten, että hylsy muuttuu pysyvästi muotoaan ja tarttuu johtimeen. Sen jälkeen vastaava puristus tehdään pelkän kaapelikengän eristeosuuden päältä siten, että eriste painautuu johtimen eristettä vasten ja puristus kohtaan jää pysyvä muodonmuutos. Kalliimpia erikoispihtejä käytettäessä nämä molemmat puristukset tulevat samalla puristuskerralla. Muutoin puristukset on tehtävä kahdessa eri vaiheessa. (Sähkö ja Vene 2010, 30.)

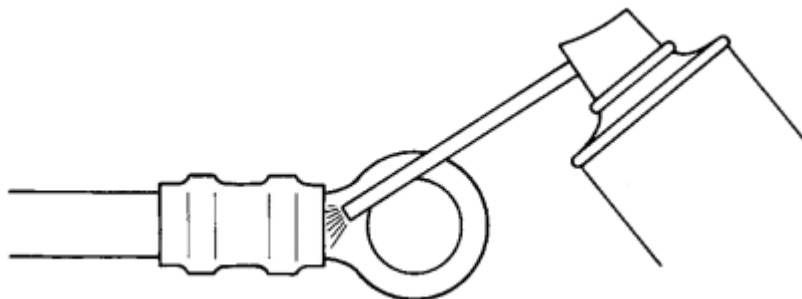


Kuva 14. Kaapelikengän liittäminen johtimeen puristamalla. Kaapelikenkää puristetaan kahdesta kohtaa, sekä hylsyosuuden, että eristeosuuden päältä. (Sähkö ja Vene 2010, 30)



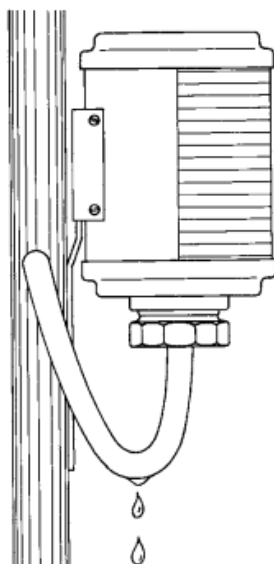
Kuva 15. Kalliimmat erikoispihdit. Kalliimmilla erikoispihdeillä puristusliittimen puristukset tulee tehtyä yhdellä painalluksella ja pihdit itse kontrolloivat puristuksen voimaa. (Sähkö ja Vene 2010, 29)

Oikein tehtynä puristusliitos on luotettava, kestävä ja se vastaa johdon poikkipinta-alaa. Liitoksen luotettavuutta voidaan vielä lisätä ruiskuttamalla kaapelinkenkään korroosionestoainetta, joka ehkäisee liitokseen syntyvää korroosiota. Liittimien tulee aina sopia kiinnikkeisiin ilman, että liitintä muunnellaan. Esimerkiksi jos rengasliittimen reikää suurennetaan, jotta siihen sopisi suurempi pultti, pienenee liittimen johtava pinta-ala lisäen resistanssia ja nostaa tulipalon riskiä. Vastaavasti rengasliitin ei saa olla myöskään liian iso kiinnikkeeseen nähden, jolloin johtava pinta-ala jää liian pieneksi. (Sähkö ja Vene 2010, 30; Calder 2012, 56.)



Kuva 16. Liittimen luotettavuutta voidaan lisätä ruiskuttamalla kaapelinkenkään korroosionestoainetta. (Sähkö ja Vene 2010, 30)

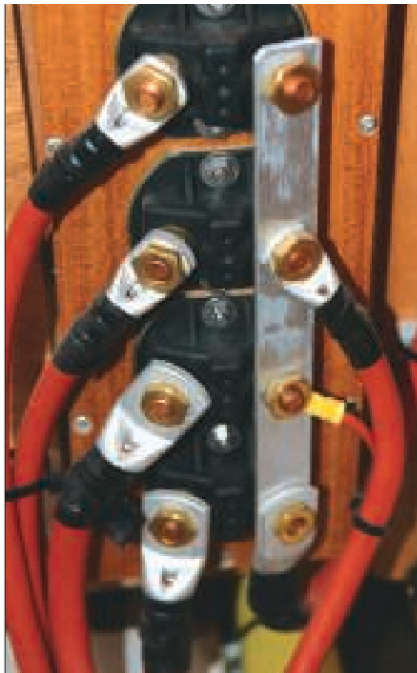
Myös johdinten asennuksessa kannattaa olla huolellinen. Ulos asennettavien sähkölaitteiden, kuten valojen kanssa, kannattaa kiinnittää huomiota veden sisään tunkeutumiseen. Kaikkiin ulosasennettaviin johtimiin tulisi jättää alaspäin riippuva lenkki ennen johtimen menemistä sisään laitteeseen tai muihin liitoksiin. Tällä estetään veden valuminen johdinta pitkin liitoksiin ja aiheuttamasta liitoksissa myöhemmin ongelmia. Samanlainen lenkki johtimeen kannattaa jättää myös silloin, kun johdin kulkee laipion läpi kostealta puolelta, laipion toiselle, kuivalle puolelle. Pelkkä silikonitai polyuretaani, kuten Sikaflex, ei auta kosteuden eristyksessä, sillä ne eivät ole niin tiiviitä kuin niiden kuvitellaan olevan. Silikonit ja polyuretaanit saattavat helposti ajan myötä irrota tai murtua ja päästä siten vettä sisään. (Sähkö ja Vene 2010, 33; Calder 2012, 56.)



Kuva 17. Veden valumisen estävä lenkki. Ulos asennettaviin sähkölaitteisiin meneviin kaapeleihin on jätettävä alaspäin riippuva lenkki, joka estää veden sisään tunkeutumisen sähkölaitteeseen tai laipioon. (Sähkö ja Vene 2010, 33)

Johtimiin ei tule tehdä liitoksia paikkoihin, jotka eivät ole myöhemmin käsikönnästä. Mikäli tällaisia liitoksia on tehty, tulee myöhemmästä mahdollisesta vianetsinnästä erittäin vaikeaa ja se voi vaatia kiinteiden rakenteiden purkamista. Myöskään kosteille tai vedelle alttiille alueille ei tulisi tehdä liitoksia. Mikäli liitos on pakko tehdä tällaiselle alueelle, pitäisi liitos tiivistää käyttämällä korkealaatuisia, vulkanoituvia lämpökutistesukkia. Monet auto- tai sähkötarvikeliikkeestä ostetut lämpökutistesukat eivät ole vulkanoituvia ja siksi ne eivät sovellu venekäyttöön. Korkealaatuiset vulkanoituvat kutistesukat pysyvät vedenpitävinä koko veneen eliniän ajan. (Calder 2012, 54 - 55.)

Jos veneen sähköjärjestelmän virtaa kuljettavissa osissa käytetään jotain muuta metallia kuin kuparia tulee olla huolellinen. Alumiinia ei pitäisi käyttää laisinkaan virtaa kuljettavissa osissa. Alumiinin ongelmana on alumiinin pinnan nopea korrosioituminen, joka tekee siitä virtaa johtamattomat jopa muutamassa kuukaudessa. Messinkiä käytettäessä on otettava huomioon messingin selvästi huonompi johtavuus kupariin verrattuna. Messingin johtavuus on vain 28 % kuparin johtavuudesta. Täten jos messinkiä käytetään virtaa kuljettavissa osissa pitää kupari mitoittaa paljon vastaavaa kuparijohtinta isommaksi. Myös messinki pitäisi olla tina- tai nikkelpinnoitettua, jotta se ei hapettuisi. (Calder 2012, 56.)



Kuva 18. Alumiininen johdinkisko. Alumiinia ei tulisi käyttää veneen sähköjärjestelmän virtaa kuljettavissa osissa. Alumiinin ongelmana on sen nopea hapettuminen, joka muodostaa alumiinin pintaan eristävän kerroksen. (Calder 2012, 57)



Ruostumattoman teräksen johtavuus on vain 8 % kuparin johtavuudesta. Huonon johtavuutensa vuoksi ruostumatonta terästä ei tulisi käyttää lainkaan virtaa johtavana osana. Edes ruostumattomasta teräksestä tehtyjä aluslevyjä ei tule käyttää liittimissä, koska jo silloin ruostumattomasta teräksestä tulee osa virtapiiriä. Suurivirtaisessa virtapiirissä aluslevy aiheuttaa suurta resistanssia, jonka seurauksena aluslevy kuumenee ja aiheuttaa jopa tulipalon. (Calder 2012, 57 - 56.)



Kuva 19. Ruostumattomasta teräksestä olevat pultit osana virtapiiriä. Ruostumatonta terästä ei tulisi koskaan käyttää sähköjärjestelmässä virtaa kuljettavissa osissa, sillä ruostumattoman teräksen johtavuus on huono ja aiheuttaa siten suurta resistanssia. (Calder 2012, 57)

### 5.3 Jännitehäviö

Jännitehäviö on yksi tärkeimmistä asioista, joka pitää ottaa huomioon tehtäessä veneeseen sähköasennuksia. Ohmin lain mukaisesti jännitehäviö syntyy vasta, kun virtapiiri on suljettu ja siinä kulkee virta. Resistanssi aiheuttaa jännitehäviötä  $U$  ohmin lain mukaisesti

$$U = I * R \quad (3)$$

missä  $R$  on resistanssi [ $\Omega$ ] ja  $I$  on virta [ $A$ ]. Mitä suurempi resistanssi sitä enemmän jännite putoaa. Resistanssiin häviävä teho  $P$  [ $W$ ] on:

$$P = U * I \quad (4)$$

Teho muuttuu lämmöksi, jonka seurauksena sähköenergiaa hukkuu esimerkiksi huonosti johtavien liitoksien ylimenoresistanssin seurauksena. Tämän takia kaapelikenkien liitospinnat on tärkeää pitää puhtaina ja varmistaa liitospintojen hyvä kontakti.

Useimmiten jännitehäviöitä syntyy juuri liitoksissa ja kytkimissä. Erityisen herkkiä

ovat kaikki kitkaan perustuvat pistoliittimet, sulakeliittimet sekä akkuun liittyvät johdinliitokset. (Nieminen 1997, 198).

Veneissä ongelmana ovat alhaiset jännitteet joiden seurauksena virrat ovat suuria. Suuret virrat sen sijaan vaativat aina poikkipinta-alaltaan suuren johtimen (kaava 5). On myös muistettava, että johtimien kaikki liitokset ovat osa virtapiiriä, joiden kautta saman virtamäärän tulee päästä kulkemaan samalla tavoin kuin varsinaisessa johtimessa. Tämän takia liittimien kokoon ja liitospintojen kuntoon on syytä kiinnittää erityistä huomiota.



Kuva 20. Hapettuneet liittimet. Hapettuneet liittimet aiheuttavat ylimenoresistanssia, jonka seurauksena syntyy jännitehäviöitä. Liittimien puhtaous on sähköjärjestelmän oikean toiminnan kannalta elintärkeää. (Calder 2012, 55)

Standardin ISO 10133 vaatimuksena on, että kulutuslaitteelle tuleva jännite ei saa alentua 10 % enempää akun nimellisjännitteeseen verrattuna, kun virtapiiriä rasitetaan täydellä kuormalla. Johtimista jännitehäviöitä saa aiheutua 12 voltin järjestelmässä korkeintaan 5 % tai 0,6 voltia (Payne J. 2007. s. 119). Jännitehäviö pystytään laskemaan seuraavalla ISO 10133 – standardin mukaisella kaavalla. Sallittu jännitteen alenema  $E$  [V] virtapiirin ollessa toiminnassa on:

$$E = \frac{0,0164 * I * L}{S}$$

missä

(5)

$S$  on johtimen poikkipinta-ala neliömillimetreinä [ $\text{mm}^2$ ]

$I$  on johtimessa kulkeva virta ampeereina [ $A$ ] ja

$L$  on johtimen pituus metreinä [ $m$ ] virtalähteen positiivisesta navasta kulutuslaitteelle ja takaisin negatiiviseen napaan. (SFS-EN ISO 10133 2000, 4, 9.)

Kaavasta 5 voimme havaita, että jännitehäviöön vaikuttaa virran määrä, johtimen pituus sekä poikkipinta-ala. Mitä suurempi virta johtimessa kulkee ja mitä pidempi johdin on, sitä suurempi johtimen poikkipinta-alan tulee olla.

Standardin vaatimuksesta kuitenkin alle  $1 \text{ mm}^2$ :n paksuisia johtimia ei tule käyttää koskaan, mikäli johtimen pituus ylittää  $200 \text{ mm}$ . Poikkeuksen tästä tekee johtimet, joita on useita samassa vaipassa. Tällöin johtimien poikkipinta-aloiksi hyväksytään vähintään  $0,75 \text{ mm}^2$  edellyttäen, että johtimet eivät tule vaipasta ulos pidemmällä kuin  $800 \text{ mm}$  matkalla. Toisen poikkeuksen tekee ohjauspaneelien sisäiset johdotukset joissa hyväksytään poikkipinta-alaltaan vähintään  $0,75 \text{ mm}^2$ :n paksuiset johdot. (SFS-EN ISO 10133 2000, 5.)

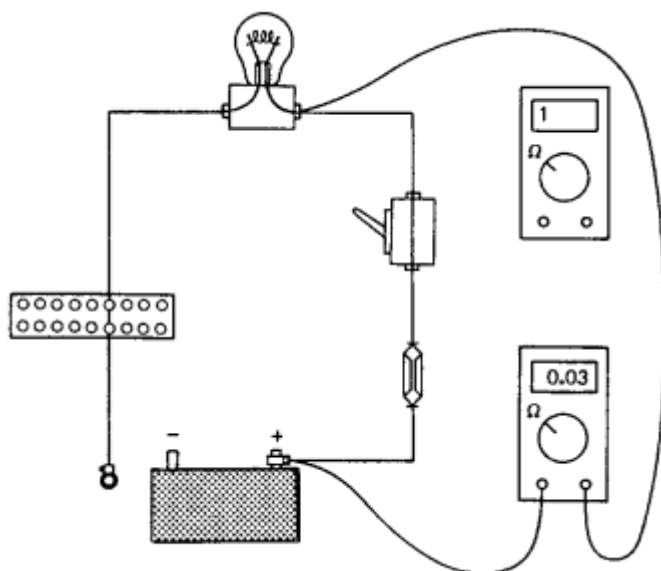
Virtapiireissä joiden jännite on erityisen kriittinen, tulee johdon koko valita komponentin valmistajan vaatimuksen mukaisesti. Kriittisiä virtapiirejä ovat esimerkiksi käynnistimen ja navigointivalojen virtapiirit sekä tuulettimien virtapiirit, joiden puhallusteho riippuu jännitteestä. (SFS-EN ISO 10133 2000, 5.)

Virtapiirien jännitehäviöitä pystytään mittaamaan yleismittarilla. Jännitehäviöitä mitattaessa on johtimissa aina kuljettava virta. Yleismittari asetetaan jännitemittaus asentoon ja mittari kytketään rinnan mitattavan virtapiirin kanssa. Mittausjärjestyksellä ei sinänsä ole mitään merkitystä, mutta yleensä se plusjohtimesta. Tällöin mittarin plusjohdin liitetään akun plusnapaan ja mittarin nollajohdin kulutuslaitteen plusnapaan. Vastaavasti, kun jännitehäviötä mitataan virtapiirin miinuspuolelta, kytketään yleismittarin plusjohdin kulutuslaitteen miinusnapaan ja mittarin nollajohdin akun miinusnapaan. Näiden mittausten yhteenlaskettu jännitehäviö ei saisi ylittää  $5 \%$  järjestelmän nimellisjännitteestä. Mikäli havaitaan, että jännitehäviö ylittää huomattavasti tämän rajan, on todennäköistä, että esimerkiksi jokin liitos, kytkin tai vioittunut eriste aiheuttaa ylimääräistä jännitehäviötä. Virtapiirissä oleva jännitehäviötä aiheuttava kohta paikallistetaan parhaiten jakamalla piiri järjestelmällisesti pienempiin osiin, joiden jännitehäviöt mitataan erikseen. (Nieminen 1997, 198, Payne 2007, 119.)

Toinen tapa etsiä virtapiiristä jännitehäviötä aiheuttava kohta on kuvata virtapiiriä lämpökameralla. Koska resistanssin tekemä työ muuttuu aina lämmöksi, nähdään lämpökamerassa eniten resistanssia aiheuttavat kohdat kuumimpina paikkoina.

#### 5.4 Virtapiirin vianetsintä

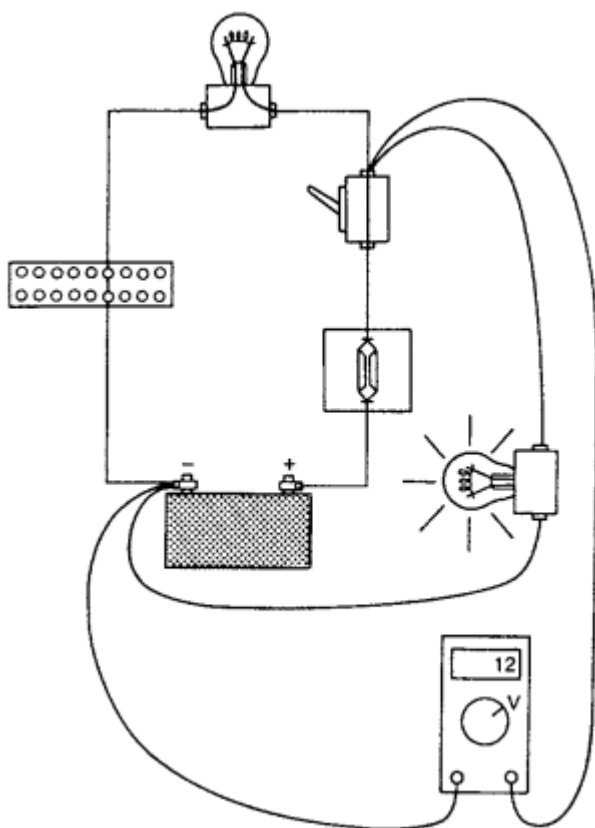
Jos virtapiirissä on katkos eli piiri on jännitteetön, voidaan vikaa etsiä yleismittarilla, joka asettaa toimimaan ohmimittarina. Mittaus suoritetaan laittamalla yleismittarin toinen johdin akun plusnapaan ja toinen laitteen plusnapaan. Jos virtapiiri on tältä väliltä kunnossa yleismittari näyttää vain joitakin ohmin kymmenyksiä. Jos mittari näyttää useita ohmeja tai ääretöntä on mitatun virtapiirin matkalla häiriö. Vastus voidaan mitata samalla tavoin myös nollajohtimesta sekä paikallistaa vika tarkemmin jakamalla mitatun virtapiirin osa yhä pienempiin osiin. (Sähkö ja Vene 2010, 27 - 28.)



Kuva 21. Vianetsintä ohmimittarilla. Kun ohmimittari näyttää alhaisia arvoja, on virtapiiri mitatulta matkalta kunnossa. Jos ohmimittari näyttää ääretöntä tai tasan yhtä, on virtapiirissä katkos. (Sähkö ja Vene 2010, 27)

Jos virtapiirin katkosta etsitään koestuslampulla, sen toinen johdin kytketään akun miinusnapaan ja toisella johtimella lähdetään kulkemaan virtapiirin plusjohdinta pitkin kulutuslaitteelta kohti virtalähdettä. Jos koestuslampua palaa, kun johdin kytketään kulutuslaitteen plusnapaan on virtapiirin pluspuoli kunnossa. Katkoksen pitää tällöin olla virtapiirin miinuspuolella. Sama koe voidaan tehdä myös virtapiirin miinuspuolelle kytkemällä koestuslampun toinen johdin akun plusnapaan ja toinen kulutuslaitteen miinusnapaan. Kun viallinen virtapiirin puoli on löydetty, voidaan viallinen kohta

piiristä löytää siirtämällä kulutuslaitteen puoleista koestuslampun johdinta vaiheittain kohti akun napaa. Siinä kohtaa, jossa koestuslamppu syttyy on virtapiirin katkoskohta ylitetty. (Sähkö ja Vene 2010, 27.)



Kuva 22. Vianetsintä jännitemittarilla tai koestuslampulla. Virtapiirin katkosta voidaan etsiä myös koestuslampun tai jännitemittarin avulla. (Sähkö ja Vene 2010, 27)

### 5.5 Maston johtimien tarkastus

Maston johtimissa on tärkeää kiinnittää huomiota kaapelien riittävään poikkipinta-alaan, sillä mastossa olevat johtimet ovat usein erittäin pitkiä. Liian pienet johtimet aiheuttavat ei toivottua jännitehäviöitä ja häiriöitä laitteiden toiminnassa. Mastoa ei tule koskaan käyttää miinusjohtimena. Kaikki avoimeksi jäävät johtimet tulee suojata asianmukaisesti UV-säteilyltä. Johtimien roikkuminen maston sisällä vapaana aiheuttaa niiden väsymistä ja maston sisällä olevat nostinten osat voivat vahingoittaa johtimien eristettä. Tämän vuoksi johtimet tulisi sitoa nippuun ja asentaa asianmukaiset vedonpoistajat johtimien päihin. Johtimet tulisi säännöllisesti tarkistaa mastossa olevien johdinten läpivientien kohdalta. Hankaumia ei saisi olla havaittavissa. Jos johtimet

ovat suojattu UV-säteilyn kestäväällä eristeellä, tulee eriste säännöllisesti tarkistaa onko siinä halkeamia. (Payne 2007, 130, 132.)

Sähköviat mastossa ovat melko yleisiä, koska mastossa oleviin sähkölaitteisiin kohdistuu paljon niitä rasittavia tekijöitä, kuten tärinää, suolaveden roiskeita ja jännityksiä. Mastoon tulleen sähkövian pystyy kuitenkin onneksi paikallistamaan melko helposti. Vian ilmetessä kannattaa ensimmäisenä mitata yleismittarilla virtapiirien jännitteet mastoon lähtevien johtimien liittimistä virran ollessa kytkettynä. Jos yleismittari näyttää normaalia käyttöjännitettä pienempiä lukemia, vika todennäköisesti johtuu liittimien ja johtimien hapettumisesta. (Payne 2007, 132.)

Toinen tapa todeta virtapiirin kunto on mitata sen johtavuus. Johtavuus mitataan plus- ja miinusliittimien väliltä virtapiirin ollessa jännitteetön. Jos kyseessä on esimerkiksi lampun virtapiiri pitäisi yleismittarin tällöin näyttää 2 – 5 ohmia. Mikäli mittari näyttää tätä suurempia arvoja vika on lampussa, huonosti yhdistävissä liittimissä tai vahingoittuneissa johtimissa. Ensimmäisenä kannattaa tarkistaa kaikkien liittimien kunto ja mastossa olevat läpiviennit. (Payne 2007, 133.)

Mikäli epäillään, että jokin johdin vuotaisi virtaa mastoon esimerkiksi puhki hankautuneen eristeen seurauksena, pystytään tämäkin tarkistamaan mittaamalla. Mitataan yleismittarilla vastus maston ja molempien, sekä plus- että miinusjohtimen väliltä. Jos johtimet ovat ehjät mittarin näyttämän lukeman pitäisi olla hyvin suuri tai ääretön. (Payne 2007, 133.)

## 6. SULAKKEET

Sulakkeilla on tärkeä tehtävä virtapiireissä. Ne suojaavat virtapiirejä liian suurilta virroilta, joita syntyy esimerkiksi oikosulkutilanteissa. Toisin sanoen sulakkeet ovat virtapiirin heikoin osa, joka estää virran kulun virtapiirissä ennen johtimien liiallista lämpenemistä ja laitteiden vahingoittumista.

ISO 10133 standardin mukaisesti suojaavat laitteet kuten automaattisulake tai sulake tulee olla asennettu virtalähteeseen, kuten esimerkiksi kytkinpaneeliin, estämään virtapiirin ylikuormituksen ennen kuin lämpö vahingoittaa johtimien eristeitä tai liittimiä. (SFS-EN ISO 10133 2000, 3.)

Laitteiden valinnassa, järjestelyissä ja suorituskyvyissä tulee ottaa huomioon seuraavia asioita. Yhden suojalaitteen taakse ei tule asentaa useita virtapiirejä siten, että yhden virtapiirin vika ja siitä aiheutunut suojaavan laitteen laukeaminen aiheuttaa myös useiden muiden kunnossa olevien virtapiirien toiminnan. Lisäksi suojalaitteet tulee mitoittaa siten, että sähkölaitteet ja johtimet tulee suojattuja virran aiheuttamilta vahingoilta. (SFS-EN ISO 10133 2000, 3 - 4.)

ISO standardin mukaisesti automaattisulake tai sulake tulee asentaa enintään 200 mm:n päähän virtalähteestä jokaiseen virtapiiriin tai johtimeen, ellei tämä ole mahdollista, tulee jokainen johdin olla suojattu vaipalla tai johtimien tulee kulkea kotelossa koko matkan virtalähteestä sulakkeelle. Poikkeuksena on virransyöttöjohdin virtalähteeltä käynnistinmoottorille sekä johdin virtalähteeltä kytkinpaneelille, joissa automaattisulaketta tai sulaketta ei tarvita. Ehtona kuitenkin on, että johdin on vaipallinen, suojattu hankauksilta ja yhteydeltä johtavien pintojen kanssa. (SFS-EN ISO 10133 2000, 6 – 7.)

Jos virransyöttöjohtimen sulake on mitoitettu siten, että se riittää suojaamaan koko virtapiirin pienimmänkin johtimen, riittää koko virtapiirissä tämä yksi sulake. Sulakkeet eivät saa olla jänniteluokaltaan pienempiä mitä virtapiirin nimellisjännite on. Sulakkeen virrankesto ei saa ylittää poikkipinta-alaltaan virtapiirin pienimmälle johtimelle sallittua virtaa. Generaattorin ja akkuvaraajan ulosotot eivät tarvitse sulakkeita jos ne ovat itsesäätyvää mallia. (SFS-EN ISO 10133 2000, 7.)

Sulakkeita on eri tyyppisiä. Vanhemmissa veneissä yleisimpiä sulaketyyppejä ovat lasiputki- ja posliinisulakkeet. Uudemmissa veneissä on monesti siirrytty käyttämään automaattisulakkeita.

Jos veneessä on lasiputki- tai posliinisulakkeita kannattaa ne avata joka kevät ennen veneen vesillelaskua ja tarkistaa, ovatko sulakkeet hapettuneet. Tummuneet ja hapettuneet sulakkeet tulee puhdistaa. Ne voi hioda puhtaiksi esimerkiksi hienolla hiomapaperilla. Puhtaan sulakkeen liitospinnat ovat kirkkaita. Jos epäillään onko sulake ehjä, pystyy sulakkeen johtavuuden parhaiten tarkistamaan yleismittarilla. Esimerkiksi lasiputki sulakkeessa sulakkeen lanka on saattanut palaa poikki aivan langan toisesta päädyistä, jolloin silmämääräisesti lasin läpi katsottuna sulake vielä näyttää ehjältä vaikka se todellisuudessa on jo palanut.

Sulakkeen poissa ollessa on samalla hyvä tarkistaa myös sulakepesä. Sulakepesä pitää näyttää puhtaalta ja sen liitospinnat tulisi sulakkeen tavoin näyttää kirkkailta. Ennen sulakkeen uudelleen asennusta sulakepesään voidaan suihkauttaa kosteutta poistavaa spraytä (Sähkö ja Vene 2010, 34). Lopuksi tulee vielä varmistaa, että veneestä löytyy varasulakkeita kaikkiin käytössä oleviin lasiputki- ja posliinisulakkeisiin. Myös automaattisulakkeiden liitospinnat myös saattavat joskus likaantua. Tähän yleensä auttaa automaattisulakkeen mekanismin edestakainen käyttäminen. (Payne 2007, 117.)



Kuva 23. Lasisulakkeet. Jos veneessä käytetään lasisulakkeita, tulee sulakkeiden liitospinnat joka kevät puhdistaa ennen veneen vesillelaskua. Liitospintojen tulee näyttää kirkkailta. (Motonet Oy)

Kokonaan pelkän sulakkeen turviin sähköjärjestelmää ei tule jättää, sillä sulake ei suoja ylimenoresistanssin aiheuttamilta vahingoilta. Erityisen alttiita tällaisille vahingoille ovat suurivirtaiset virtapiirit joissa liitokset ovat löystyneet. Tällainen liitos aiheuttaa johtavan pinta-alan pienenemisen, jonka seurauksena liitos kuumenee ja jopa sulaa. Sulake ei suoja tällaisilta vahingoilta, sillä virtapiirissä ei missään vaiheessa kulje sallittua virtamäärää suurempia virtoja vaan ongelma on ainoastaan huonosti johtava liitos. On epäilty, että ylimenoresistanssi olisi yksi yleisimpiä venepalojen aiheuttajia. Ainoa tapa suojautua ylimenoresistanssia vastaan on huolehtia kaikkien liitosten tiukkuudesta. Esimerkiksi suurille virroille tarkoitettuja ANL-sulakkeita ei tule kiristää helposti asennettavilla sormipulteilla, vaan työkalulla kiristettävillä pulteilla tai muttereilla. (Calder N. 2012. s. 57.)





Kuva 24. Sulanut sulakepesä. Sulake ei suojaa virtapiiriä ylimenoresistanssin aiheuttamilta vahingoilta joita syntyy huonojen liitosten seurauksena erityisesti suurivirtaisissa virtapiireissä. Tällaisia vahinkoja voi välttää pitämällä liitokset puhtaina ja tarpeeksi tiukassa. (Calder 2012, 57)

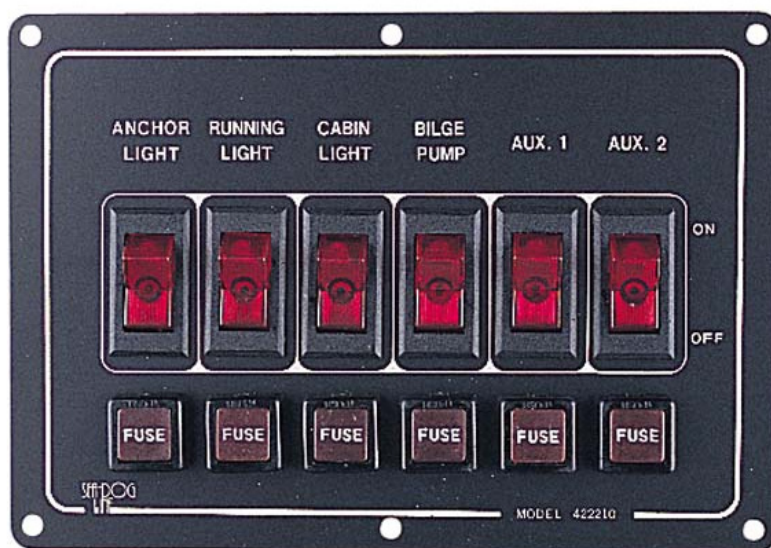
Sulakkeen palaminen tai automaattisulakkeen laukeaminen on yleensä merkki siitä, että virtapiirissä on jotain vialla. Mikäli sulake palaa välittömästi heti virran päälle kytkennän jälkeen, johtuu vika todennäköisesti oikosulusta. Ensimmäisenä kannattaa tarkistaa kaikki virtapiirin johdinliitokset sekä johdinten eristeen ehjyys. Ellei vika ole johtimissa kannattaa poissulkea viallisen laitteen mahdollisuus. (Payne 2007, 117.)

Mikäli sulake palaa vasta useiden sekuntien päästä virran kytkennän jälkeen, kertoo tämä yleensä virtapiirin ylikuormituksesta. Vika saattaa tällöin johtua esimerkiksi sähkömoottorin tai sen laakereiden jumiutumuksesta. Toinen mahdollinen vian aiheuttaja saattaa olla vähäinen vuoto johtimen eristeessä. (Payne 2007, 117.)

## 7. KYTKIPANEELIT

Yleensä jokaista veneessä toimivaa sähköistä laitetta ohjataan jonkin kytkimen kautta. Yleensä kytkinpaneelit toimivat samalla myös virranjakokeskuksina, joihin on lisätty virtapiirien sulakkeet. Akulta virta paneelille tuodaan yhdellä isolla johtimella ja paneelissa virta jaetaan laitteiden käytettäväksi.

Kytkinpaneelit eivät tarvitse erityistä huoltoa. On kuitenkin tärkeää, että kytkinpaneelin kuoret ovat ehjät. Erityisesti ulkotiloissa ja kosteissa olosuhteissa olevien paneelien tiiveys on erityisen tärkeää, halkeamia ei saa olla. Muutamien vuosien välein olisi lisäksi hyvä tarkistaa kytkinpaneeleille tulevien johtimien kunto sekä niiden liitokset paneeliin. Liitoksien epäpuhtaudet tulee poistaa ja varmistaa liitosten tiukkuus. Erityisesti riviliittimien ruuvien kireys tulee tarkastaa, sillä kuparijohtimien lämmitessä johdin lämpölaajenee, joka saattaa löystyttää riviliittimen ruuvin. Lopuksi kaikkiin liitoksiin on hyvä suihkauttaa kosteutta poistavaa spraytä.



Kuva 25. Kytkinpaneeli. Kytkinpaneelien ehjyys on tärkeää, etenkin kosteissa tiloissa. Kytkinpaneelien takana olevien johdinliitosten kireydet tulee tarkistaa muutamien vuosien välein. (Wholesalemarine)

Jos virtakytkimiä tai kytkinpaneeleja joudutaan uusimaan on syytä muista, että veneen tasavirtajärjestelmään ei saa asentaa niin sanottuja vahvirtakytkimiä, jotka ovat tarkoitettu 230 V jännitteelle. Tällaisten kytkinten virrankesto on ohmin lain mukaisesti liian pieni. (Hämäläinen 1995, 219). Kaikki virtakytkimet on suositeltavaa ostaa aina vene-tarvikeliikkeestä. Autotarvikeliikkeistä ostetuissa kytkimissä käytetyt metallit eivät usein sovellu veneisiin ja ne syöpyvät nopeasti.

ISO 10133-standardin vaatimusten mukaisesti kytkinpaneeli tulee asentaa siten että, kytkinpaneelin kytkimet, merkinnät ja sulakkeet ovat helposti luokse päästävissä. Myös paneelin takaosan pitää olla luokse päästävissä. Kytkimiin ja hallintalaitteisiin tulee merkitä niiden käyttötarkoitus, ellei niiden käyttötarkoitus ole ilmeinen ja niiden

erehdyksissä käyttäminen ei aiheuta vaaratilannetta. Kytkinpaneeliin tulee olla merkitty pysyvästi sen nimellinen käyttöjännite. (SFS-EN ISO 10133 2000, 3, 7.)

Kytkinpaneelit tulee olla suojattu odotettavissa olevien olosuhteiden mukaisesti riittävästi, seuraavien IP-luokitusten tasoisesti:

- minimissää IP 67, jos odotettavissa lyhytaikainen upostus veteen.
- minimissää IP 55, jos odotettavissa roiskeita.
- minimissää IP 22, jos kytkinpaneeli sijaitsee suojatussa tilassa veneen sisällä. (SFS-EN ISO 10133 2000, 7.)

## 7.1 Pääkytkin

Pääkytkin tulee olla asennettu akulta tai akkuryhmältä lähtevään positiiviseen kaapeleihin, joka antaa veneen sähköjärjestelmälle virran. Pääkytkin tulee olla helposti saavutettavissa ja niin lähellä akku tai akkuryhmää asennettuna kuin käytännössä mahdollista. (SFS-EN ISO 10133 2000, 4.)

Seuraavat tapaukset ovat kuitenkin edellisestä vaatimuksesta poikkeuksia:

- perämoottoriveneet joissa on ainoastaan käynnistimen ja navigointivalojen virtapiirit;
- elektroniset laitteet, jotka ovat varustettu muistilla tai ovat turvalaitteita, kuten pilssi-pumput ja hälyttimet, jos ne ovat suojattu omalla automaattisulakkeella tai sulakkeella, joka on asennettu niin lähelle akku tai akkuryhmää kuin käytännössä mahdollista.
- kone- tai polttoainetankkitilan tuuletin, joka suojattu erillisellä automaattisulakkeella tai sulakkeella, joka on asennettu niin lähelle akkua tai akkuryhmää kuin käytännössä mahdollista.
- latauslaitteet, joiden on tarkoitus olla toiminnassa jatkuvasti (esimerkiksi aurinkopaneelit, tuuligeneraattori), jos ne ovat suojattu omalla automaattisulakkeella tai sulakkeella, joka on asennettu niin lähelle akkua tai akkuryhmää kuin käytännössä mahdollista. (SFS-EN ISO 10133 2000, 4 – 5.)

Pääkytkimen virrankesto tulee olla vähintään yhtä suuri kuin asennetun pääsulakkeen virran kesto. Pääkytkimen tulee kestää myös käynnistin moottorin tai muun laitteen hetkellisesti ottama virta. Käynnistysvirtapiiriin voidaan asentaa myös oma erillinen pääkytkin. Jos käytetään kauko-ohjattua pääkytkintä, tulee pääkytkin olla käytettävissä myös manuaalisesti. (SFS-EN ISO 10133 2000, 5.)

## 8. PISTORASIAAT JA KIPINÄSUOJAUS

Pistorasiat tai kipinäsuojauslaitteet eivät juuri huoltoa tarvitse. Laitteiden oikean ja turvallisen toiminnan kannalta laitteiden ulkoisten kuorien ehjyys on kuitenkin elintärkeää. Haljenneet pistorasiat tai kipinäsuojatut laitteet tulee vaihtaa ehjiin.

Pistorasiat ja pistokkeet, joita käytetään veneen tasavirtajärjestelmässä eivät saa olla yhteensopivia veneen vaihtovirtajärjestelmän kanssa. Pisto-/jakorasiat, jotka ovat asennettu tiloihin joissa ne voi altistua sateelle tai roiskeille pitää olla suojattu vähintään IP 55 tasoisesti, kun ne eivät ole käytössä. Pistorasiat, jotka ovat asennettu alueelle, joka saattaa tulla tai joutua hetkellisesti upoksiin tulee olla tiiveydeltään vähintään IP 67. Sama tiiveys pitää saavuttaa myös pistoke kytkettynä. (SFS-EN ISO 10133 2000, 8.)

Sähköiset osat jotka asennetaan tilaan, joka voi sisältää räjähtäviä kaasuja tai höyryjä pitää olla kipinäsuojattuja standardin ISO 8846 mukaisesti. Räjähtäviä kaasuja sisältäviksi tiloiksi lasketaan myös tilat joihin on suora yhteys tilasta, joka sisältää esimerkiksi:

- kipinäsytytteisiä moottoreita tai niiden polttoainetakkeja
- polttoaine letkun liitoksia tai sovituksia kipinäsytytteisen moottorin ja sen polttoainetankin välillä.

Tilat, joissa on 0,34 m<sup>2</sup>:n aukko veneen ulkopuolelle jokaista tilan yhtä kuutiometriä vastaan ovat poikkeuksia tästä säännöstä. (SFS-EN ISO 10133 2000, 8.)

Sähköiset osat, jotka asennetaan samaan tilaan nestekaasujärjestelmän kanssa, esimerkiksi samaan tilaan nestekaasupullon tai paineregulaattorin kanssa, pitää ne kipinäsuojata standardin ISO 10239:n vaatimusten mukaisesti. (SFS-EN ISO 10133 2000, 8.)

## 9. KORROOSIOSUOJAUS

Korroosiosuojauksella on tärkeä tehtävä veneen metallisten osien suojauksessa. Korroosiosuojauksen periaatteen ymmärtäminen vaatii perehtymistä metallien sähkökemiallisiin ominaisuuksiin. Tässä yhteydessä käydään läpi ainoastaan olemassa olevan korroosiosuojauksen huoltamiseen liittyviä asioita.

Korroosionsuojausanodit tulee tarkistaa vuosittain. Kun anodit ovat syöpyneet 50 – 75 prosenttisesti tulee ne uusiksi. Valkoinen tai vihreä kehä anodin ympärillä kertoo sen toimineen oikein. Kokonaan pois syöpyneet tai kiiltävät anodit ovat merkki liiallisesta virtavuodosta tai liian pienestä anodista. Jos anodit eivät ole kuluneet laisinkaan on todennäköistä, että anodin ja suojattavan kappaleen välillä ei ole riittävää sähköistä yhteyttä. (Payne 2007, 152.)

On erittäin tärkeää, että anodin ja suojattavan kappaleen sähköinen yhteys on hyvä. Jos käytetään johtimia suojattavan kappaleen ja anodin sähköiseen yhdistämiseen, tulee johtimen poikkipinta-alan olla vähintään 4 mm<sup>2</sup>, joka saa aiheuttaa resistanssia korkeintaan 0,02 ohmia. Virrat korroosiosuojausjohtimissa ovat erittäin pienet, ja siksi on tärkeää, että johtimet ei aiheuta vastusta. Anodin ja suojattavan kappaleen välinen sähköinen yhteys on tarkistettava vuosittain. Parhaiten tarkistus onnistuu mittaamalla yleismittarilla kappaleiden välinen vastus, joka ei saa ylittää 0,02 ohmia. (Payne 2007, 152.)

Yleisesti voidaan sanoa, että makeissa vesissä anodeina käytetään aina magnesium-anodeita, kun taas murtovesissä ja suolaisissa merivesissä kannattaa käyttää sinkki-anodeita. Nykyään markkinoille on tullut myös alumiinisia anodeita, joiden koostumus on 95 % alumiinia ja 5 % sinkkiä. Alumiiniset anodit sopivat kaikille vesille. (Meredin - Ulkoiluaitta Oy)

Jos suoja-anodien päälle on kertynyt kerrostumia ne tulee poistaa. Kerrostumat voivat heikentää anodin toimintaa. Maalattaessa tulee muistaa, että suoja-anodeita ei tule missään tilanteessa maalata, sillä maalikerros anodin päällä estää sen toiminnan. (Sähkö ja Vene 2010, 34.)



Kuva 26. Uusi sekä käytetty magnesiumanodi. Kun anodista on kulunut 50 – 75 %, tulee se vaihtaa uuteen. Kuvan alempi anodi on vielä käyttökelpoinen. (Anode Outlet)

## 10. JOHTOPÄÄTÖKSET

Veneen sähköjärjestelmän tehtävä ei ole helppo. Sähköjärjestelmän on kestävä niin kesän kosteansuolainen meriympäristö sekä veneen tärinän aiheuttamat rasitukset kuin veneen talvisäilytys vaihtelevassa ulkoilmassa. Kosteus ja tärinä ovatkin veneen sähköjärjestelmän suurimmat haasteet, jotka tulee ottaa huomioon niin uutta sähköjärjestelmää rakennettaessa kuin vanhaa järjestelmää huollettaessa.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kerätä tietoa veneen sähköjärjestelmän huoltamisesta ja vaatimustenmukaisuudesta. Opinnäytetyössä käsitellään sähköjärjestelmään yleisesti kuuluvia osien, kuten akun, generaattorin, johtimien ja liittimien huoltoa. Elektronisien laitteiden huoltoon opinnäytetyössä ei oteta kantaa. Työssä käydään järjestelmällisesti läpi myös veneen tasavirtajärjestelmää koskeva standardi. Tavoitteena on, että tämä työ palvelisi sekä sähköjärjestelmän huolto-oppaana että käsikirjana sähköjärjestelmien vaatimustenmukaisuudesta.

Opinnäytetyössä käsitellään akun huoltamista sekä sen kunnan arviointia. Akun moitteeton kunto on koko veneen sähköjärjestelmän toiminnan kannalta elintärkeää, ja siksi akku on sähköjärjestelmän huollettavista kohteista tärkein. Tärkeää akun huollossa on akun napojen ja akkukenkien puhdistus ja itse akun ulkoinen puhdistus sekä akun elektrolyyttitaso tarkastus.

Generaattori sekä käynnistinmoottori ovat sähköjärjestelmän varmatoimiset osat. Siitä huolimatta vaativat nekin välillä huoltoa. Yksi tärkeimpiä asioita generaattorin ja käynnistimen huollossa on niiden huolellinen puhdistus. Lika muodostaa laitteisiin lämpöä eristävän kerroksen minkä seurauksena laitteet kuumenevat ja siksi ne saattavat vahingoittua. Generaattorissa on lisäksi tärkeää varmistua hihnan kunnosta sekä sen kireydestä. Sekä generaattori että käynnistinmoottori tarvitsevat määräajoin perusteellisemman huollon, jossa laitteet avataan, puhdistetaan sekä niiden laakerit vaihdetaan.

Johtimien ja sulakkeiden huollossa tulee kiinnittää eniten huomiota liitoksien kuntoon. Veneen sähköjärjestelmän yleisimpiä ongelmia ovat huonosti johtavat tai löystyneet liitokset. Liitoksien aiheuttamia ongelmia pystyy parhaiten ehkäisemään tarkastamalla määräajoin veneen kaikki sähköiset liitokset sekä jo sähköjärjestelmää rakennettaessa valitsemalla ainoastaan venekäyttöön soveltuvia komponentteja. Liitoksien kuntoa

pystytään tarkastamaan paitsi silmämääräisesti, myös tekemällä virtapiireille jännitehäviömittauksia.

Aiheena veneen sähköjärjestelmän huoltaminen ja vaatimustenmukaisuus on ajankohdainen. Veneet tulevat koko ajan yhä riippuvaisemmiksi sähköstä samaan aikaan, kun veneen sähköjärjestelmiin perehtyneistä ammattilaisista on kova pula. Kaiken lisäksi sähköveneet yleistyvät kovaa vauhtia.

Tässä työssä päästiin sille alussa asetettuihin tavoitteisiin. Veneen sähköjärjestelmää koskevista huoltotoimenpiteistä ja vaatimuksista saatiin kerättyä kokonaisvaltainen teos, jonka tehtävänä on palvella veneilijöitä omatoimisessa sähköjärjestelmän huollossa ja tarkastelussa. Työn suurimpia haasteita olivat sen laajuus. Laajuuden takia tässä työssä käsiteltyjä asioita tutkittiin vain olennaisimpien huoltotoimenpiteiden näkökulmasta käsittelemättä tarkemmin järjestelmän yksittäisien komponenttien rakennetta ja toimintaperiaatetta. Tämän takia opinnäytetyön sisältö saattaa osittain jäädä vieraaksi lukijalle, jolla ei ennestään ole tietämystä veneen sähköjärjestelmään liittyvien laitteiden rakenteesta ja toiminnasta.



## LÄHTEET

Anode Outlet –sivustolta. Saatavissa:

<http://www.anodeoutlet.co.uk/blog/#axzz1sDD4SXUK> Viitattu 16.4.2012.

Calder, N. 2012. Finding Faults. Professional Boatbuilder. Number 134 December/January 2012

Honda hot list –blogi. Saatavissa: <http://hondahotlist.com/are-the-battery-terminals-corroded-on-your-cincinatti-car> Viitattu 16.4.2012.

Hämäläinen, E. Juhala, M. Suominen, M. & Tammi K. 1995. Moottorialan sähköoppi. Jyväskylä: Gummerrus Kirjapaino Oy

Karkinen J. 2011. Koneviesti. Käynnistysmoottori kuntoon pikkurahalla. nro 1

Kk-holding –sivustolta.

Saatavissa: <http://www.kkholding.fi/ligier-laturi-p-162.html> Viitattu 20.4.2012

Meredin - Ulkoiluaitta Oy. Katalogi 2011 – 2012. Sivu 327.

Saatavissa: <http://www.meredin.fi/katalogi/> Viitattu 16.4.2012

Motonet Oy:n sivusto. Tuotteet.

Saatavissa: <http://www.motonet.fi/motonet/tuotteet/472568/0> Viitattu 16.4.2012.

Nieminen, S. 2008. Auton sähkölaitteet. Helsinki: WSOY

Nieminen, S. 1997. Auton sähkötekniikka. Porvoo: WSOY

Payne, J. 2007. The Marine electrical & electronics bible. Dobbs Ferry: Sheridan House Inc.

Peugeot-foorumi –sivustolta.

Saatavissa: <http://peugeot-foorumi.com/index.php?topic=7746.15> Viitattu 20.4.2012

SFS-EN ISO 10133. 2000. Small craft. Electrical system. Extra low-voltage d.c. installations. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

Sähkö ja Vene. 2010. Toimittaja Heikki Silvan. Sähköturvallisuuden Edistämiskeskus ry.

Wholesale marine –sivustolta. Saatavissa: <http://www.wholesalemarine.com/pc/S-D-422210->

[1/180010/Shorepower+Panels,+Breakers,+%26+Fuses/Aluminum+Horizontal+Switch+Panel.html](http://www.wholesalemarine.com/pc/S-D-422210-1/180010/Shorepower+Panels,+Breakers,+%26+Fuses/Aluminum+Horizontal+Switch+Panel.html) Viitattu 16.4.2012

## JOHTIMEN VAATIMUKSET, TASAVIRTAJÄRJESTELMÄ

Taulukossa 1 on määritelty johtimen suurin sallittu jatkuva virta ampeereina 30 °C lämpötilassa sekä johtimien säikeiden vähimmäismäärä.

Taulukko 1. *Suurin virta johtimien eri lämpötilaluokille.*

Poikkipinta- ala mm <sup>2</sup>	Suurin virta johtimien eri lämpötilaluokille [A]						Säikeiden vähin määrä	
	60 °C	70 °C	85 - 90°C	105 °C	125 °C	200 °C	Luokka A	Luokka B
0,75	6	10	12	16	20	25	16	-
1	8	14	18	20	25	35	16	-
1,5	12	18	21	25	30	40	19	26
2,5	17	25	30	35	40	45	19	41
4	22	35	40	45	50	55	19	65
6	29	45	50	60	70	75	19	105
10	40	65	70	90	100	120	19	168
16	54	90	100	130	150	170	37	266
25	71	120	140	170	185	200	49	420
35	87	160	185	210	225	240	127	665
50	105	210	230	270	300	325	127	1064
70	135	265	285	330	360	375	127	1323
95	165	310	330	390	410	430	259	1666
120	190	360	400	450	480	520	418	2107
150	220	380	430	475	520	560	418	2107

Yleisesti veneessä tulee käyttää vähintään luokkaan A kuuluvia johtimia.

Luokkaan B kuuluvia johtimia tulee käyttää kohteissa, joissa johdin joutuu toistuvasti alttiiksi taivutukselle.

Konehuoneessa käytettävissä johtimissa tulee käyttää seuraavien korjauskertoimien mukaisesti alhaisempia virtoja, mikä johtuu kuumasta tilasta:

Johtimen lämpötilaluokka:

70 °C  
85 – 90 °C  
105 °C  
125 °C  
200 °C

Kerroin taulukon 1 virran arvolle:

0,75  
0,82  
0,86  
0,89  
1