

STEK

Uudistettu painos 2022

Sähkö ja vene

Kaikki mitä veneilijän tulee tietää
sähköstä ja sen käytöstä veneissä.



STEK

Sähkötekniikan ja energiatehokkuuden edistämiskeskus STEK ry:n jäsenet:

- Energiateollisuus ry
- RAKLI ry
- Suomen Pelastusalan Keskusjärjestö ry
- Sähköalojen ammattiliitto ry
- Sähköinsinöörit - SIL ry
- Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry
- Sähkösuunnittelijat NSS ry
- Sähkötekniikan Kaupan Liitto ry STK
- Teknisen Kaupan liitto ry
- Teknologiateollisuus ry

Sähkö ja vene

Kaikki mitä veneiljän tulee tietää
sähköstä ja sen käytöstä veneissä.

Alkuperäisteos: Strøm om bord (2007)

Suomenkielisen teoksen on Elforlaget, NELFO luvalla julkaissut
Sähkötekniikan ja energiatehokkuuden edistämiskeskus STEK ry

1. painos 2010
2. uudistettu painos 2015
3. uudistettu painos 2017
4. uudistettu painos 2019
5. uudistettu painos 2022

Opas on vapaasti tulostettavissa ja tilattavissa STEK ry:n verkkosivuilta (www.stek.fi),
mutta sen kaikenlainen kaupallinen käyttö on kielletty ilman NELFOn ja STEKin lupaa.

Kuvat: Bjørn Norheim, Ulriikka Lipasti ja Juha Tähti

Liitteiden kytkentäkaaviot: Juha Tähti



Lukijalle

Kädessäsi on uusin Sähkötekniikan ja energiatehokkuuden edistämiskeskus STEK ry:n Sähkö ja Vene -opas. Oppaan ensimmäinen versio julkaistiin vuonna 2010, jonka jälkeen sitä on uudistettu vuosina 2015, 2017, 2019 ja nyt vuonna 2022. Perusasiat liittyen sähköön ja sen käyttöön veneissä ovat säilyneet muuttumattomina, mutta uusissa painoksissa on aina otettu huomioon tekniikassa tapahtuneita muutoksia. Alun perin opas perustui Norjan sähköurakoitsijaliiton **Nelfon** julkaisuun. Sähkö- ja vene -opas on kuitenkin vuosien varrella olennaisesti muuttunut, kun kehittyvä tekniikka, ja etenkin suomalaisten veneilijöiden tarpeet on otettu huomioon.

Opas antaa yhtenäisen ja kattavan perustiedon veneen sähköisistä järjestelmistä ja laitteista, ja sitä voivat hyödyntää niin veneilijät, veneenrakentajat kuin korjaajatkin. Veneissä käytettävien sähkölaitteiden määrä lisääntyy kaiken aikaa ja käytettävä tekniikka kehittyy ja monipuolistuu. Monia sovelluksia ja uusia tekniikoita otetaan veneilyssä käyttöön kiihtyvällä tahdilla, ja sähköisten järjestelmien toimivuus ja luotettavuus ovat turvallisuudenkin kannalta avainasemassa.

Tähän uudistettuun painokseen 2022 on lisätty erityisesti litiumioniakkuihin liittyviä asioita. Litiumioniakkujen käyttö veneilyssä lisääntyy nopeasti tarjonnan lisääntyessä ja hintojen laskiessa. Nämä uudet akut tarjoavat paljon etuja venekäytössä liittyen mm. pienempää painoon, nopeaan latautumiseen ja käytettävissä olevaan kapasiteettiin. On kuitenkin tärkeä tietää, mitä kaikkea tulee huomioida siirryttäessä uuteen akkutyyppiin, jotta käyttö olisi turvallista ja luotettavaa.

Sähkötekniikan ja energiatehokkuuden edistämiskeskus STEK ry haluaa kiittää kaikkia oppaan tekemisessä mukana olleita tahoja, erityisesti Juha Tähteä. Hän on tuonut kaikkiin uudistettuihin painoksiin uutta tietoa ja monipuolista käytännön kokemusta ja osaamista veneiden sähköistyksestä ja varmistanut, että tieto myös esitetään käyttäjiä parhaiten palvelevalla tavalla. Kiitämme myös kaikkia niitä venealan yrityksiä, jotka ovat olleet jakamassa oppaan tekijöille tietoa veneen sähköistyksestä ja elektroniikasta.

Opas on ladattavissa veloituksetta pdf-muodossa STEK ry:n sivuilta (www.stek.fi). Sivujen Veneilijälle-osioon on koottu myös opasta ja veneiden sähköistystä tukevaa materiaalia. Sivuilla löytyy myös veneen sähkönkulutuksen arviointia helpottava **Veneilijän sähkölaskuri** sekä oppaan sisältöön perustuva **koulutusmateriaali**.

Otamme mielellämme vastaan kommentteja ja ideoita oppaan ja [www-sivujemme](http://www.stek.fi) veneilyä koskevan sisällön kehittämiseksi.

Timo Kekkonen

Sähkötekniikan ja energiatehokkuuden edistämiskeskus STEK ry

Sisältö

Taustaa	7
1. Perustietoa sähköstä	7
Kaksi virtajohdinta / Mitä sähkö on? / Sähkölajit / Teho /	
Kapasiteetti, nimelliskapasiteetti ja käytettävissä oleva kapasiteetti /	
Työ / Galvaaninen yhteys / Suojaluokitus: IP-luokat /	
Sähkö- ja elektroniikkajäte (SER) / Veneen sähköjärjestelmä	
2. Veneen 12/24 V DC-tasavirtajärjestelmä	12
2.1 Lyijyakkujen rakenne ja toiminta	12
Lyijyakkun positiivinen ja negatiivinen napa /	
Kemiallinen prosessi / Tyhjä akku / Räjähdyksikasua	
2.2 Akkutyyppin valinta	14
Akun valinta käyttötarkoituksen mukaan / Akun valinta	
rakenteen mukaan / Lyijyhappoakkujen rakenteet ja lisäaineet /	
Litiumioniakut / Virrantuoton venyvyys	
2.3 Sähköntarve veneessä	17
Liityntäteho / Kulutus / Latausaika	
2.4 Akkujen turvallisuus, sijoitus, lukumäärä ja hoito 19	
Turvallisuus ja sijoitus / Kuinka monta akkua? / Akun hoito	
2.5 Akkujen valvontalaitteet	21
Ominaispainomittari / Volttimittari / Ampeerimittari /	
Akunvalvontamittari tai -monitori	
2.6. Akun latausjärjestelmät	22
Moottorin generaattori / Vaihtovirtalaturi / Jännitteensäädin /	
Perämoottori / Aurinkopaneelit / Aurinkopaneelien asennus /	
Tuuligeneraattori / Laahas-, potkuri- ja perälautageneraattori /	
Polttokenno	
2.7 Latauksen jakolaitteet	25
Jakodiodit ja älykäs jakodiodi / Erotus- ja päävirtakytkin /	
Jänniteohjattu erotusrele tai MOS-FET-tekniikkaan perustuva erotin	
2.8 12/24 V DC-tasavirtajärjestelmän muita	
komponentteja	27
Pääkytkinjärjestelmät / Päävarokkeet / Johtimet /	
Varokkeet, kytkimet ja liitokset	
2.9 12/24 V DC-tasavirtajärjestelmän laitteita	28
Elektroniikkalaitteet	
2.10 Antennit ja tietoliikenneverkot	28
Antennit / Tietoliikenneverkot / Älysähkö-järjestelmä /	
Sähköiset propulsio -järjestelmät	
3. Veneen 230 V AC-järjestelmä	31
Sähköisku	31
3.1 Liityntäpiste laiturilla	32
Venesatamien sähköistys / Syöttövirran riittävyys laiturin	
liitäntäpisteellä	
3.2 Liitäntäjohto ja liityntärasia veneessä	33
Liitäntäjohto / Liityntärasia veneessä /	
Veneen kytkeminen ja irrottaminen maasähköstä	
3.3 Veneen maasähkökeskus	34
Oikosulkusuojaus ja johdon suojaus / Vikavirtasuojat	
3.4 Kulutuslaitteet	35
Lämminvesivaraaja / Akkulaturi /	
Lataaminen maasähköstä / Muut kulutuslaitteet	
3.5 Suojaerotusmuuntaja	36
Erotusmuuntaja ja sen kytkentä / Switch Mode -tekniikka	
ja sen kytkentä / Rautaa ja kuparia vai elektroniikkaa?	
3.6 Veneen sisäinen verkonhallintayksikkö,	
invertteri ja generaattorit	37
Verkonhallintayksikkö / Invertteri / Siirrettävä generaattori	
tai aggregaatti / Kiinteä generaattori	
3.7 Vastuukysymykset	39
3.8 Sallitut sähköasennukset	39
4. Korrosio	39
Hapettuminen	39
4.1 Galvaaninen korrosio	39
Jännitesarja / Suojautuminen	
4.2 Vuotovirran aiheuttama korrosio	41
Kosteuden poistaminen / Galvaaninen eristin- eli "Zinc Saver" /	
Suojaerotusmuuntaja	
5. Asennusvinkkejä ja vianetsintä	43
5.1 Akut	43
Akkujen asentaminen / Akkujen vioista	
5.2 Latauksen määrän arviointi	44
Moottorin laturin ja maasähkölaturin koko / Latausjännite /	
Laturin antama jännite / Johdinten läpimitan vaikutus /	
Akkukaapeleiden pituus / Ohjausjännitteen mittauspisteen siirto /	
Muita tapoja tehostaa latausta / Litiumioniakut ja moottorin laturi	
5.3 Johtimet, liitokset ja niiden asennus	47
Syöttövirta / Johdotuksen suunnittelu ja veto / Johtoreitit /	
Johdotuksen rakenne / Merkinnät / Ulos asennetut johdot /	
Starttimoottorin johto / Liitoksista / Juotokset /	
Puristus- ja kutistusliitokset / Kaapelikengät /	
Oikea eristeen poisto / Oikea puristusliitos	
5.4 Varokkeet, laitevarokkeet ja kytkimet	51
Sulaketyypit / Automaattisulakkeet / Releohjaus /	
Starttimoottori / Suoraan akkuun	
5.5 Kulutuslaitteet	53
Käyttäjännite: 12 V vai mobiili 12 V? / Valaisimet /	
Led-polttimot ja -nauhat / Kulkuvalot	
5.6 Maadoitus ja antennit	55
Maadoituspiste / Antennit / Tiedonsiirtoväylät	
5.7 Vianetsintä	57
Kun laite ei toimi / Suljettu virtapiiri / Vianetsintä	
jännitteen avulla / Vianetsintä ilman jännitettä / Sarjamittaus	
5.8 Häiriöistä	59
EMC-määräykset / Muita häiriölähteitä /	
Häiriölähteen etsiminen / Häiriöiden poisto	
6. Ukkonen ja salamointi	60
6.1 Ukkospilven muodostuminen	
ja sähköistyminen	61
6.2 Salaman esiintymistavat	61
Elmontuli / Pallosalama / Salamapurkaus / Jyrinä	
6.3 Salaman vaikutukset	62
Vaikutus ihmiseen / Lämpövaikutukset /	
Mekaaniset vaikutukset / Sähköiset vaikutukset	
6.4 Salamasuojaus	66
Mastojen suojaava vaikutus / Salamasuojauksen	
parantaminen /Hätätoimenpiteitä	
Liitteet	68

Taustaa

Veneilijöiden vaatimukset ovat lisääntyneet oleellisesti viime vuosina. Muutamassa vuodessa veneissä käytettävien sähkölaitteiden määrä on kasvanut ja monipuolistunut. Veneeseen halutaan samat mukavuudet kuin kotona: jääkaappi, lämmityslaite, liesi ja uuni, tv, stereot sekä sisä- ja ulkovalaistus. Uusia navigointia ja kommunikaatiota helpottavia välineitä tulee kiihtyvällä tahdilla markkinoille, ja ne ovat yhä useampien veneilijöiden käytettävissä.

Myös viranomaiset laativat uusia direktiivejä, standardeja ja ohjeita. Uusia kotimaassa valmistettuja ja ulkomailta tuotuja veneitä koskee yli 50 erilaista direktiiviä ja niistä johdettua standardia.

CE-merkintä (valmistajan kilpi) on pitänyt olla kaikissa 16.6.1998 jälkeen myynnissä olevissa uusissa veneissä. Merkintä vaaditaan myös EU:n ulkopuolelta tuotuihin käytettyihin veneisiin. Kannattaa huomioida, että CE-merkki on kuitenkin vain valmistajan vakuutus siitä, että kyseinen vene täyttää kaikki sitä koskevien direktiivien vaatimukset. Akkreditoidut tarkastuslaitokset ja ilmoitetut laitokset myöntävät valmistajille ja maahantuojille vaatimustenmukaisuustodistuksia CE-merkintää varten. Veneen CE-merkintä on voitu saada siihen kolmella eri tavalla, joiden menettely poikkeaa merkittävästi toisistaan. Lisätietoja tämän oppaan liitteestä 6.

Huviveneidirektiivi (2003/44/EY) tuli voimaan 1.1.2005. Veneiden sähkölaitteita koskevat standardit (SFS-EN ISO 10133:2017) Veneiden matalajännite-asennukset tasavirtajärjestelmissä (max 50V DC) ja (SFS-EN ISO 13297:2020) alle 250 V AC voltin vaihtojännitejärjestelmät veneissä. Standardit on saatavilla vain englanninkielisinä.

EU-alueella käytössä olevia vanhoja veneitä eivät uudet direktiivit ja standardit koske, eikä niissä olevia kiinteitä asennuksia ole pakko muuttaa uusien ohjeiden mukaisiksi. Uusien asennusten ja veneessä olevien siirrettävien sähkölaitteiden tulee kuitenkin täyttää kaikki uudet standardit ja olla CE-merkittyjä. Lisäksi kaikissa sähkölaitteissa tulisi olla jonkin sähkölaitteiden tarkastuksesta vastaavan tarkastuslaitoksen merkki. Euroopassa tavallisia merkkejä ovat esimerkiksi FI, S, N, D, TÜV (kts. www.fi-merkki.fi).

Moottoritehtaat käyttävät nykyisin yhä tehokkaampia latureita. Tiukentuneet päästörajoitukset vaativat tarkempaa moottorinohjausta, mikä saattaa viedä kymmeniä ampeereja virtaa. Samalla tulee turvata veneen varusteiden ja laitteiden virransaanti. Varusteiden määrä ja virrankulutus nousee jatkuvasti ja tulee muistaa, että veneen sähköjärjestelmä vastaa yleensä vain valmistus- tai asennusajankohdan vaatimuksia ja tarpeita.

Akkujen kohdalla kehitys on ollut nopeaa ja myös veneissä siirrytään kiihtyvällä tahdilla litiumioniakkujen käyttöön. Litiumioniakkujen yksi keskeinen ominaisuus on nopea latautuminen. Tämä vaatii suurta tehoa sekä moottorin laturilta että veneen maasähkölaturilta. Isojen litiumakustojen sekä hybridi- ja täyssähkö -propulsiojärjestelmien akustojen lataaminen maista on haaste, etenkin jos halutaan käyttää suurteholatureita.

Uusissa suuremmissa veneissä on siirrytty käyttämään varusteiden hallintaan ns. äly sähkö/väyläsähkö -järjestelmää, jossa mekaaniset kytkimet on korvattu virtuaalikytkimillä.

Järjestelmä on laajasti käytössä autoissa, mutta asettaa venekäytössä omat haasteensa turvallisuudelle. Autonhan voi vikatilanteessa pysäköidä tien sivuun – veneellä tilanne voi olla haastavampi.

Tämän oppaan tavoitteena on antaa yksinkertaisia neuvoja veneen sähkölaitteiden kunnossapidosta ja parantamisesta. Tämä opas on tarkoitettu tällaisen työn ohjeeksi sekä avuksi sen arvioinnissa, mitä voi tehdä itse ja milloin tulee pyytää asiantuntija paikalle. Oppaan avulla on mahdollisuus hankkia parempi ymmärrys sähköstä ja sen käytöstä veneissä. Opas kertoo myös, mikä osa työstä pitää jättää valtuutetulle sähköasentajalle.

Kaikkien veneen laitteiden tarkastus ja kunnossapito on Merilain (www.finlex.fi) mukaan päällikön tai varustajan vastuulla, tilanteesta riippuen. Huviveneistä puhuttaessa varustaja on useimmiten veneen omistaja.

Julkaisu edustaa huomattavaa lisää suomenkieliseen venesähköohjeistukseen ja suomalainen julkaisija toivookin sen edistävän turvallista sähkön käyttöä veneilyssä.

1. Perustietoa sähköstä

Kun kotona kääntää kytkimestä tai laittaa pistokkeen seinään, voimalaitos jossain kaukana tuottaa tarvittavan sähkön. Veneen sähkölaitteisto, generaattori ja akusto muodostavat voimalaitoksen ja siihen pätevät samat fysiikan lait kuin suureen sähköntuotantolaitokseenkin. Sähkön teho (watteina) on virran (ampeereina) ja jännitteen (volteina) tulo – niin kotona kuin veneessä.

Useimmissa huviveneissä on 12 voltin järjestelmä, josta seuraa sekä hyviä että huonoja puolia. Näin pienellä jännitteellä sähköisku ei aiheuta vaaraa ihmisille. Mutta käytettyjen virtojen pitää olla 20 kertaa suurempia, että saavutettaisiin samat tehot kuin kotisähköä käytettäessä. Kotona käytettävää sähköenergiaa ei varastoida, vaan kulutetaan heti paikan päällä.

Laitteistossa, joka perustuu pieneen 12 voltin jännitteeseen, on helppoa varastoida sähköenergiaa akkuihin. Koska autoteollisuudessa käytetään samaa 12 voltin jännitettä, on sieltä saatu teknologiaa ja massatuotteita myös venekäyttöön.

12 voltin jännitteellä on varjopuolensakin. Sähkön ”paine” on heikko ja siksi ”kapeikoilla” on suuri merkitys. Vaikka jännitettä kuluisi matkalla vain vähän, pienenee teho käyttöpaikalla huomattavasti.

Pienijännitteisessä laitteistossa, jossa virrat ovat suuria, jopa voltin kymmenesosilla on suuri merkitys. Lisäksi suuret virrat tarvitsevat paksut johdot.

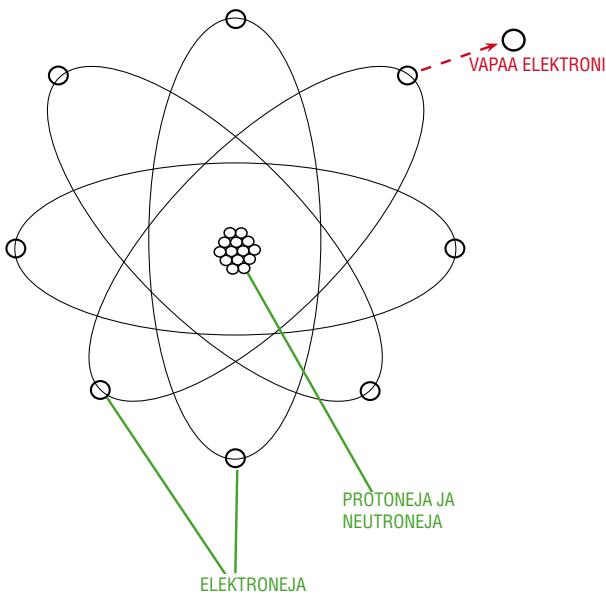
Kaksi virtajohdinta

Auton ja veneen sähköt ovat pitkälti samanlaisia, mutta autossa tarvitaan vain yksi plus-johto kulutuskohteisiin. Miinus-johtona käytetään moottorin runkoa ja auton metallikoraa.

Näin ei ole veneessä. Sähkö pitää viedä ja tuoda takaisin erillisillä johdoilla. Useimmissa venemoottoreissa on kuitenkin yksijohtojärjestelmä, jossa miinus on moottorin rungossa. On olemassa myös moottoreita, joissa on eristetty moottorin runko ja erilliset plus- ja miinusjohdot.

Mitä sähkö on?

Kaikki aineet muodostuvat atomeista, jotka sisältävät elektroneja (-) ja protoneja (+). Jos kappale sisältää normaalia enemmän elektroneja, sillä on negatiivinen (-) sähkövaraus. Positiivisesti (+) varautuneella kappaleella on puolestaan normaalia vähemmän elektroneja.



Kuva 1.1. Protonien määrä ilmaisee alkuaineen numeron. Vetyatomi on kevin (1 protoni). Uraani U238 on raskain (92 protonia).

Luonnossa elektronien erilaiset määrät eri kappaleissa pyrkivät tasoittumaan, niin että elektronit lähtevät liikkeelle. Negatiivisesti varautuneiden elektronien siirtymistä atomista toiseen kutsutaan sähkövirraksi.

Sähkölajit

Tasasähkössä elektronit liikkuvat jatkuvasti samaan suuntaan – miinuksesta plussaan eli katodista anodiin. Akkujen ja paristojen toiminta perustuu tasasähköön.

Vaihtosähkössä elektronit liikkuvat edestakaisin. Suomen sähköjakeluverkossa käytetään vaihtosähköä, jonka virtalähteinä olevien generaattoreiden pyöriessä niiden napaisuus ja samalla elektronien kulkusuunta vaihtuu, siten että vaihtosähkön taajuus on 50 hertsiä.

Teho

Teho ilmoitetaan nykyisin hevosvoimien (hv) sijaan watteina. Venemoottorien teho ilmoitetaan kilowateissa (kW). 1 kW = 1000 W. 1 hv = 0,736 kW. 1 kW = 1,36 hv.

Energia määritellään usein kyvyksi tehdä työtä. Sähkö on energiaa, jota voidaan tuottaa monella eri tavalla.

$$\text{Energia} = \text{teho} \times \text{aika} = \text{työ}$$

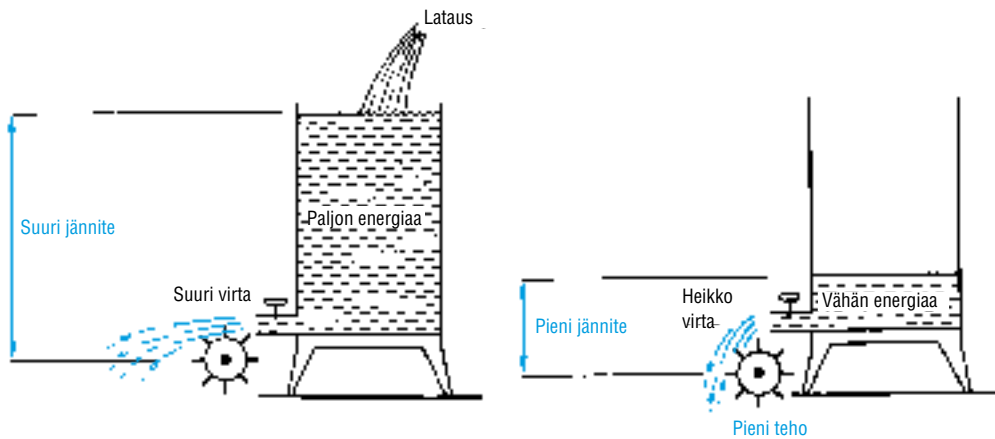
$$\begin{aligned} \text{Sähköteho on virran ja jännitteen tulo.} \\ \text{Teho (W)} = \text{virta (A)} \times \text{jännite (V)} \end{aligned}$$

$$\text{Työ} = \text{virta} \times \text{jännite} \times \text{aika}$$

Käsitteet virta ja jännite ovat perusta kaikille sähköön liittyville asioille, joten aluksi tutustutaan niihin.

Kuvassa 1.2. on vesitynnyri, jonka pohjassa on hana. Vesi edustaa tynnyrissä olleessaan energiaa – niin sanottua lepoenergiaa. Kun hanasta päästetään vettä, lepoenergia muuttuu liike-energiaksi, joka voi käyttää työkonetta tai pyörittää generaattoria. Vedenpainetta tynnyrissä voidaan kutsua jännitteeksi. Mitä korkeammalla vedenpinta on, sitä suurempi jännite on alhaalla hanan kohdalla.

Kun hana avataan, vesi alkaa virrata. Mitä korkeampi vedenpinta (jännite), sitä voimakkaammin vesivirta purkautuu hanasta. Kun vedenpinta (jännite) laskee, vähenee voima (teho) vesisuihkussa ja virta heikkenee. Kun pinta tynnyrissä (jännite) on laskenut riittävän alas, ei vesisuihkun teho enää riitä pyörittämään ratasta: tynnyrin (akun) käytettävissä oleva kapasiteetti on käytetty loppuun. Jos tynnyriä täytetään koko ajan, voivat virta ja jännite pysyä riittävänä. Olosuhteiden veden määrä (aikayksikössä) on teho. Kun aikaa kuluu, tämä teho tuottaa työtä.



Kuva 1.2. Akku on kuin vesitynnyri. Kun jännite on huipussaan, on virta suurin ja saadaan aikaan suurin teho. Jos vettä lisää (= ladataan akkua) yhtä paljon kuin kulutetaan, pysyy virta ja jännite huipussaan. Kun jännite alenee ja virta vähenee, teho heikkenee.

Kapasiteetti, nimelliskapasiteetti ja käytettävissä oleva kapasiteetti

Veneen akku voidaan rinnastaa tynnyriin, jonne varastoidaan energiaa sähköinä. Myös akulla on rajallinen kapasiteetti. Akun käyttötarkoituksesta riippuen, voidaan siitä ottaa paljon virtaa vähän aikaa, tai vähemmän virtaa pitempään. Akkua voidaan myös ladata samanaikaisesti, kun sitä tyhjenetään.

Kapasiteetista puhuttaessa tarkoitetaan käytännössä energian varastointia. Sekä tynnyri että akku ovat energiavarastoja, joille on ominaista kyky ottaa vastaan ja säilyttää rajoitettu määrä energiaa. Akkujen kapasiteetti ilmoitetaan muodossa ampeeri x tunti = ampeeritunti (Ah).

Käsite kapasiteetti on moniselitteinen. Akusta, jonka kapasiteetti on 100 Ah, ei voida ottaa mitä tahansa ampeerien ja tuntien yhdistelmää, joka antaa tulokseksi 100. Mitä suurempi virta otetaan, sitä vähemmän energiaa akku antaa.

Tavallisesti normikapasiteetin ilmoittaminen perustuu ns. C20-testiin. Tällöin otetaan ulos 1/20-osa kapasiteetista 20 tunnissa, tässä tapauksessa 5 A, kunnes jännite on laskenut 10,5 volttiin. On olemassa myös kapasiteetti-arvot C10 ja C5. Akku voi antaa kaksinkertaisen virran 10 tunnissa ja nelinkertaisen 5 tunnissa, ennen kuin jännite on laskenut 10,5 volttiin. (C10 on tarkoitettu kovaan käyttöön ja C5 sähkötrukkeihin).

Esimerkiksi 4 rinnankytkettyä 75 Ah akkua mitattuna C10-normin mukaan antaa käytettäväksi teoreettisesti 300 Ah. Niistä voi ottaa 30 A 10 tunnin ajan. Jos akuista otetaan C-arvoa suurempi virta, jää kapasiteetti pienemmäksi. Jos virta kaksinkertaistetaan, menetetään noin 10 % kapasiteetista.

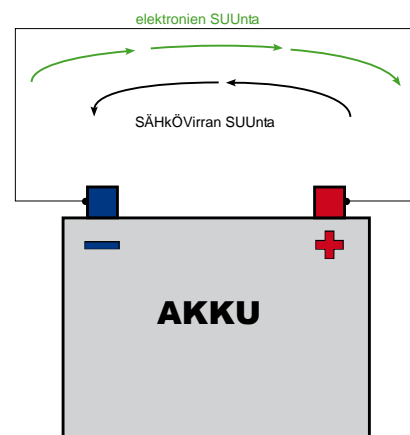
Moottorin käynnistämiseen tarkoitettu akku kykenee antamaan hyvinkin korkeaa virtaa (200-400 A) lyhyen

ajan kerrallaan muutamia kertoja, jotta moottori saadaan käynnistettyä. Varustekäyttöön tarkoitettu akku ei kykene antamaan isoja virtoja, eikä näinollen sovellu moottorin käynnistämiseen.

Akkujen kapasiteetiksi ilmoitetaan tyypillisesti nimelliskapasiteetti mutta käytettävissä oleva kapasiteetti on lyijyakuilla selvästi alhaisempi. Esimerkiksi käynnistysakkujen nimelliskapasiteetista voidaan käyttää n. 30 % ennen kuin jännite laskee liian alas. Hyvistä varustekäyttöön tarkoitetuista akuista voidaan käyttää jopa 50 %. Litiumioniakuista voidaan käyttää jopa 90 % nimelliskapasiteetista.

Työ

Käytettävissä olevalla kapasiteetilla (Ah) ja jännitteellä (V) (= energialla) voidaan tehdä tietty määrä työtä.



Kuva 1.3. Sähkövirta on johtimessa aikayksikössä kulkeva sähkömäärä. Huomaa, että elektronien suunta on miinus-navasta plus-napaan – sähkövirran suunta on päinvastainen.

Kuinka monta ampeeria eri sähkölaitteet tarvitsevat? Useimmille laitteille on ilmoitettu määrätty teho, siis wattien (W) tai kilowattien (kW) määrä, joka kuluu niitä käytettäessä. Kun halutaan saada tämä käännettyksi ampeereiksi, pitää jännite ottaa mukaan yhdeksi suureeksi. Veneissä on yleisimmin käytössä 12 V -järjestelmä.

Kaava: Teho = Jännite x Virta, voidaan kääntää muotoon

$$\text{Virta} = \frac{\text{Teho}}{\text{Jännite}} \quad I = \frac{P}{U}$$

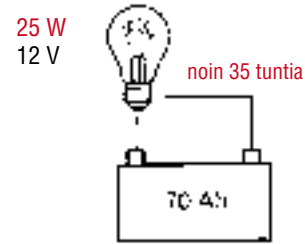
Esimerkiksi 25 W valaisin tarvitsee täten

$$I = \frac{P}{U} = \frac{25 \text{ W}}{12 \text{ V}} = 2,1 \text{ A}$$

Jos käytettävissä on 70 Ah:n kapasiteetti (Q), valaisin valaisee kaikkiaan

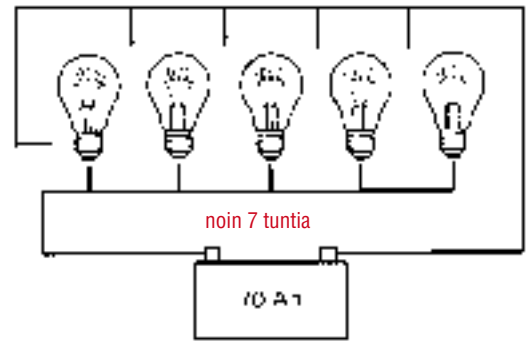
$$t = \frac{Q}{I} = \frac{70 \text{ Ah}}{2,1 \text{ A}} = 33 \text{ h (tuntia)}$$

Näin voidaan yksinkertaisen laskutoimituksen avulla seurata mihin virtaa käytetään, miten suuret akut tarvitaan ja miten usein tai miten kauan niitä pitää ladata.



Käytettävissä oleva kapasiteetti

5 x 25 W
12 V



Käytettävissä oleva kapasiteetti

Kuva 1.4. Aika ja teho. Tietystä kapasiteetista (= energiamäärä), voidaan ottaa pieni teho pitkän aikaa tai suuri teho lyhyen aikaa.

Galvaaninen yhteys

Oppaassa käytetään useassa yhteydessä nimitystä ”galvaaninen yhteys”.

Galvaaninen yhteys syntyy, kun kaksi metallia liitetään yhteen suoraan tai johtimen välityksellä.

Suojaluokitus: IP-luokat

Laitteiden ja tarvikkeiden soveltuvuudella veneeseen on suuri merkitys veneily- ja sähköturvallisuudelle. Vesillä laitteet ja tarvikkeet altistuvat kosteudelle ja vedelle ja siksi niiden koteloinnin ja suojaluokan tulee vastata olosuhteita ja asennuspaikkaa. Taulukosta selviää, mitä mikäkin IP-luokka tarkoittaa. IP44 on veneessä minimi, mutta useimmiten ulkokäyttöön kannattaa valita IP67. Riittävää IP-luokitusta mietittäessä on otettava huomioon, että satamassa suojainen asennuspaikka muuttuu vesillä ja sateessa vähemmän suojaiseksi.

	Roiskeveden pitävä	Suihkuveden pitävä	Vedenpitävä	Upotuksen kestävä
Lankasuojattu	IP44	IP45		
Pölysuojattu	IP54	IP55		
Pölytiivis		IP65	IP67	IP68

1. Suora yhteys

- suoja-anodi (sinkki) ruuvataan kiinni vetolaitteeseen tai potkuriakseliin

2. Johtimen välityksellä

- kaikki sähköliitännät ovat galvaanisia yhteyksiä johtimen välityksellä
- kaikki maadoituskytkennät ovat galvaanisia yhteyksiä.

Galvaaninen yhteys on sekä hyödyllinen ja välttämätön että haitallinen. Sähkölaitteiden toiminnan kannalta se on välttämätöntä mutta esimerkiksi vuotovirtojen kannalta haitallista.

Sähkö- ja elektroniikkajäte (SER)

Kaikki käytöstä poistettava sähkö- ja elektroniikkajäte on hyötyjätettä: akut, johtimet, liittimet, sähkökytkimet, viihde- ja navigointielektroniikka. Valtaosa materiaalista voidaan käyttää uudelleen tuotannossa tai kierrättää muihin tarkoituksiin.

Jokainen vastuuntuntoinen veneilijä toimittaa nämä asianmukaisesti kierrätyspisteeseen, joissa ne yleensä otetaan vastaan veloituksetta. Kierrätykseen viedyistä tavaroista saadaan samalla ongelmajäte, kuten akkuhappo ja raskasmetallit asianmukaisesti talteen.

Kaikki käytöstä poistettavat akut tulee kierrättää asianmukaisesti ja turvallisesti. Akkujen navat tulee peittää, etteivät ne joudu oikosulkuun. Akussa on aina varausta jäljellä, vaikka se olisi näennäisesti tyhjä. Esimerkiksi jos käytöstä poiston syynä olisi yhden akun kennon oikosulku, niin voi muissa kennoissa silti olla huomattava varaus ja oikosulku tilanteessa syntyä ilmeinen tulipalon vaara.

Lyijyakun asianmukaisessa kierrätyksessä:

- akkuhappo poistetaan ja neutraloidaan
- akut murskataan, jotta loppukin pintavarauksen saadaan purettua ja materiaali on turvallista kuljetettavaksi
- lyijy, muut metallit ja rakenteissa käytetyt muovirakenteet saadaan kiertoon
- lyijystä saadaan kierrätettyä 85 - 90 %

Litiumioniakkujen kohdalla turvalliset menettelytavat korostuvat suuresta energiatiheydestä ja luonnostaan reaktiivisista valmistusaineista johtuen. Erityyppiset ja -kuntoiset akut vaativat erilaisia menettelyjä. Litiumioniakkujen valmistuksessa käytetään osin suhteellisen kalliita, myrkyllisiä ja rajoitetusti saatavilla olevia metalleja: litiumia, alumiinia, kobolttia, kuparia, mangaania, nikkeliä, grafiittia. Niiden käyttö lisääntyy ja kierrätyksen merkitys korostuu.

Suurten litiumioniakkujen kierrätys on vaativaa ja vielä osin järjestämättä. Kuitenkin joitakin yleisiä ohjeita on hyvä noudattaa:

- litiumioniakun tunnistaa Li-merkinnästä
- toimita litiumioniakut NIILLE TARKOITETTUUN keräyspisteeseen ja jollei sellaista ole, palauta ne myyjälle tai maahan-tuojalle, jolla on velvollisuus ottaa ne vastaan
- suojaa akun navat eristävällä materiaalilla
- **AKKU SISÄLTÄÄ REAKTIIVISIA KOMPONENTTEJA - TULIPALOVAARA**
- älä kolhi akun ulkokuorta
- älä laita muun tyyppisten akkujen, paristojen, elektroniikka- tai metallijätteen joukkoon
- **ÄLÄ MISSÄÄN TAPAUKSESSA LAITA SEKAJÄTTEEN JOUKKOON**

Veneen sähköjärjestelmä

Muodostuu viidestä kokonaisuudesta

- 9 - 50 V DC-tasavirtajärjestelmä
- Tietoliikennejärjestelmä
- "Älysähkö"/väyläsähkö -järjestelmät
- Sähköiset propulsio -järjestelmät
- 230 V AC-järjestelmä

9 - 50 V DC-tasavirtajärjestelmä muodostuu edellä mainitulla jännitteellä toimivista laitteista, joita ovat mm. akut, navigointilaitteet, sähköiset propulsio -laitteet, muut varusteet.

Tietoliikennejärjestelmä käsittää muun muassa CAN-väylät, NMEA 183 ja 2000-verkot, merkkikohtaiset verkot ja Ethernet-verkot.

Veneiden "älysähkö"-järjestelmää voi verrata autoissa käytössä olevaa väyläohjaukseen, esim. CAN -väylä.

Sähköiset propulsio -järjestelmät pitävät sisällään keula- ja perämoottorit sekä suuremmat veneen liikuttamiseen käytetyt vetolaitteet.

230 V AC käsittää kaikki tämän jänniteryhmän järjestelmät, muun muassa maasähkön, invertterin ja generaattorin.

2. Veneen 12/24 V DC-tasavirtajärjestelmä

Tässä kappaleessa käsitellään 9 - 30 V DC-tasavirtajärjestelmän toimintaa ja komponentteja. 36/48 V DC-jännitteitä käytetään lähinnä sähköisissä propulsiojärjestelmissä, joita käsitellään myöhemmin.

Keskeisiä komponentteja ovat:

- akku/akusto
- akun/akuston valvontalaitteet
- latausjärjestelmät
- latauksen jakolaitteet
- pääkytkimet
- päävarokkeet
- johtimet
- laitevarokkeet ja -kytkimet
- kulutuslaitteet
- antennit.

2.1 Lyijyakkujen rakenne ja toiminta

Veneessä akku on energiavarasto, jossa energia on sähkökemiallisessa muodossa. Akusta voidaan ottaa ja sinne voidaan ladata energiaa.

Kahdella erilaisella metallilla, jotka ovat sähköä johtavassa nesteessä, elektrolyytissä, on keskenään sähköpotentiaali. Jos ne kytkee yhteen, alkaa toisesta kulkea elektroneja toiseen ja muodostuu ns. sähköpari tai -kenno. Sähköpareja on toiminnallisesti kahta tyyppiä: primääri- ja sekundäärikenno.

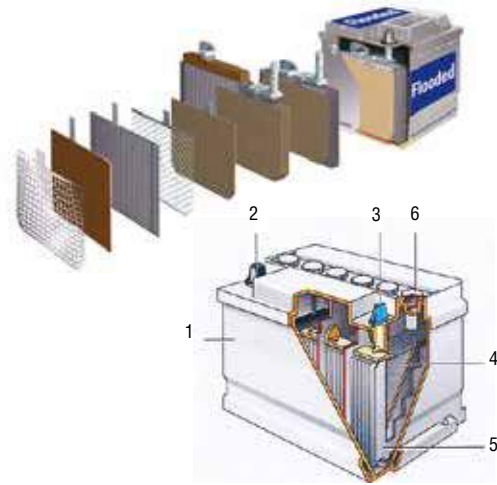
- **Primäärikenno** on kertakäyttöinen eikä sitä voi ladata (esimerkiksi paristo).
- **Sekundäärikenno** on monikäyttöinen ja se voidaan varata uudelleen (esimerkiksi akku).

Veneen ja auton akut ovat sekundäärikennoja.

Taskulampun yhden primäärikennon jännite on noin 1,5 V. Lyijyakun suurin kennojännite on 2,12 V. Normaalii 12 V akku muodostuu kuudesta sarjaan kytketystä kennoista. Täyteen ladatun nesteakun jännitteen pitää siten olla 12,72 V.

Lyijyakun positiivinen ja negatiivinen napa

Lyijyakun jokaisessa kennossa on yhtä monta plus- ja miinuslevyä. Pluslevyjen aktiivinen komponentti on lyijydioksidi PbO_2 ja miinuslevyjen sienimäistä lyijyä. Jos kennossa on enemmän kuin kaksi levyä, ne on sijoitettu limittäin. Ne eivät kosketa toisiaan, ja niiden välissä on laimennettua rikkihappoa (37 %).

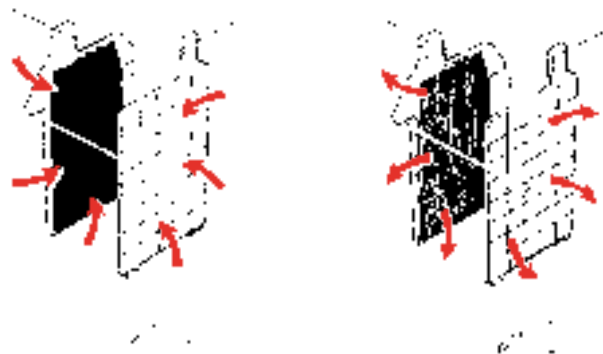


Kuva 2.1. 12 V akun rakenne. 1. Muovikotelo. 2. Plus-napa. 3. Miinus-napa. 4. Paperieriste. 5. Plus- ja miinuslevyt limittäin. 6. Täyttö- ja tarkistuskorkki. Plus- ja miinuslevyt eivät saa koskettaa toisiaan, ja siksi ne on eristetty huokoisilla papereilla. Akut toimitetaan ja varastoidaan usein ilman happoa. Rikkihappo lisätään vasta, kun akku otetaan käyttöön.

Kemiallinen prosessi

Kun akku on ladattu täyteen, rikkihappo on väkevää ja lyijy levyissä puhdasta. Kun plus- ja miinusnapojen välille kytketään sähkölaite, käynnistyy kemiallinen prosessi ja sähkö alkaa virrata.

Elektrolyytin rikki alkaa yhtyä kemiallisesti lyijyn kanssa sekä plus- että miinuslevyillä ja muuttuu lyijysulfaatti-kerrostumaksi. Se vähentää elektrolyytin happoa, jolloin elektrolyytti tulee laimeammaksi ja kevyemmäksi.



Kuva 2.2. Kun sähkölaite kytketään plus- ja miinusnapojen välille, jättävät sulfaatti-ionit rikkihapon ja sitoutuvat lyijyn kanssa levyille lyijysulfaatiksi. Plus- ja miinuslevyt tulevat kemiallisesti enemmän toistensa kaltaisiksi ja sähköpotentiaali pienenee. Elektrolyytti tulee laimeammaksi ja kevyemmäksi.

Kuva 2.3. Latausvirta vapauttaa sulfaatti-ionit lyijysulfaatista ja työntää ne ulos lyijystä takaisin elektrolyyttiin. Happo tulee väkevämmäksi ja raskaammaksi. Sähköinen potentiaali kasvaa taas.

Pluslevyillä vapautuu happea lyijyoksidista. Tämä yhdytty vetyyn, jota vapautuu elektrolyytistä ja tuloksena on H₂O:ta eli vettä. Elektrolyytti laimenee edelleen. Prosessi pysähtyy, kun hapossa on liian vähän rikkiä (rikki-ioneja). Se tulee liian laimeaksi kemiallisen reaktion jatkumiselle. Tällöin plus- ja miinuslevyt ovat kemiallisesti melkein samanlaisia, ja akku on tyhjentynyt.

Tyhjä akku

Tyhjän akun tiloja on kaksi

- akun käytettävissä oleva kapasiteetti on käytetty
- akku on syväpurettu

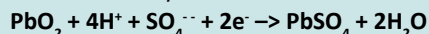
Kun käytettävissä oleva kapasiteetti on käytetty, on akku käyttäjän kannalta tyhjä. Tällöin laitteet hälyttävät alhaisesta jännitteestä ja osa laitteista voi lopettaa toimintansa turvallisuussyistä (esim. lämmityslaite ja kylmäkoneet). Mikäli akku tässä tilassa ladataan pian, kykenee se varautumaan uudelleen täyteen varaukseen eikä vahingoitu pysyvästi. Akunvalvontamittari on hyvä laite varoittamaan ennakoita kapasiteetin vähenemistä.

Mikäli akun purkamista jatketaan edelleen sitä lataamatta, ajaututaan tilaan, jossa akku on syväpurettu ja jolloin sen lataaminen oleellisesti vaikeutuu. Akku ei todennäköisesti enää kykene varautumaan täyteen. Syväpuretussa akussa lyijysulfaattikerros levyissä on paksu. Jos sulfaatti-ionit saavat pysyä levyissä, lyijysulfaatilla on taipumus kiteytyä. Ionit eivät osaa enää irrottautua takaisin happoon. Ne ovat eristäviä, jolloin on vaikeampaa saada yhteyttä puhtaaseen lyijysulfaattiin. Prosessi vahvistaa itseään. Sanotaan että akku sulfatoituu. Jos akkua nyt ladataan, suuri osa energiasta kuluu sisäisen vastuksen voittamiseen. Levyt lämpenevät ja vettä keitetään pois elektrolyytistä. Litiumioniakkujen osalta katso kohta Virrantuoton venyvyys, s. 17.

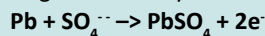
Akkua ladattaessa (+) ja (-) napoihin kytketään ulkoinen virtalähde, jolloin prosessi käynnistyy vastakkaiseen suuntaan. Energia saa rikin irtoamaan levyiltä ja yhtymään elektrolyytissä olevan vedyn kanssa. Syntyy uutta rikkihappoa, joka tekee elektrolyytin väkevämmäksi ja raskaammaksi. Lyijy levyissä tulee taas puhtaaksi. Sähköistä potentiaalia on taas olemassa, kun akku on ladattu täyteen.

Lyijyakku muuttaa siihen sitoutunutta kemiallista energiaa sähköksi levyissä tapahtuvien reaktioiden kautta. Purkausreaktiossa lyijy hapettuu 2-arvoiseksi positiiviseksi ioneiksi (Pb++) ja luovuttaa kaksi elektronia, jotka kulkeutuvat ulkoisen virtapiiriin kautta positiiviselle elektrodille. Siellä syntyneet 4-arvoiset lyijyionit sitovat nämä elektronit ja pelkistyvät 2-arvoiseksi.

Positiivinen levy:



Negatiivinen levy:



Lyijy = Pb

Lyijyoksidi = PbO₂

Lyijysulfaatti = PbSO₄

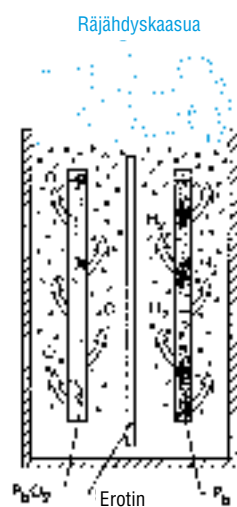
Rikkihappo = H₂SO₄

Vesi = H₂O

Räjähdykskaasua

Latausprosessissa vapautuu sekä happea että vetyä. Kaasun voi nähdä pieninä helminä levyillä. Niin kauan, kun levyille palautuu sulfaatti-ioneja, kemiallinen prosessi etenee normaalisti ja kaasua syntyy vain vähän. Jos energiaa yritetään pakata sisään sen jälkeen, kun kaikki rikki on jo hapossa, energia tekee muuta työtä. Tämä muu työ on veden sähkökemiallista hajottamista. Pluslevyille syntyy happea ja miinuslevyille vetyä. Molemmilla levyillä kuplii runsaasti, akku ns. ”kiehuu”. Kun nämä kaksi kaasua sekoittuvat elektrolyytin yläpuolella, syntyy kaasuseos, joka syttyy helposti ja on voimakkaasti räjähtävää.

Veneen akuissa on tarpeeksi vettä aiheuttamaan suurta vahinkoa, mikäli kaikki niissä oleva vesi muuttuisi vedyksi ja hapeksi. Akkutilan tuuletus on siksi tärkeää, mutta ennen kaikkea akut pitää suojata yllilataukselta.



Kuva 2.4. Kun akku ei voi ottaa latausta vastaan, siihen tuotu energia kuluu veden hajottamiseen hapeksi ja vedyksi. Yhdessä ne ovat räjähdyskaasua.

2.2 Akkutyyppin valinta

Akkutyyppin valinnassa on otettava huomioon akun käyttötarkoitus, ja lisäksi on osattava valita erilaisten tarjolla olevien akkurakenteiden välillä.

Akun valinta käyttötarkoituksen mukaan

Tuleva käyttötarkoitus on tärkein akun valintakriteeri. Tarkoitukseen sopiva akku sekä oikea hoito edesauttavat akkujen pitkäikäisyyttä: ne voivat kestää vuosia.

Käynnistysakku

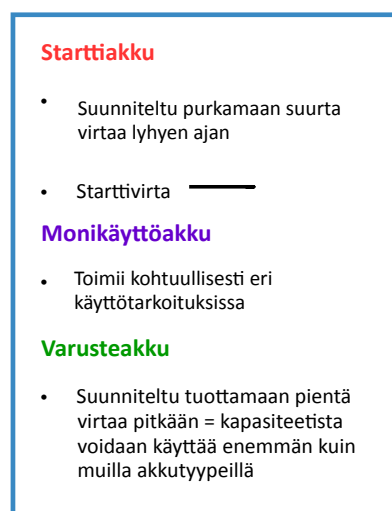
Moottorin käynnistämiseen valitaan käynnistysakku, joka kykenee antamaan riittävän suuren virran starttimoottorin pyörittämiseen. Käynnistysakun sopiva kapasiteetti (ampeirituntimäärä Ah) ja virrantuotonvaatimus (A) tulee tarkistaa moottorivalmistajan ohjeista, eikä vaadittuja arvoja saa alittaa. Tyypillisesti tällainen akku myös latautuu varsin nopeasti.

Kun halutaan saada suuri virta lyhyeksi ajaksi, vaikkapa starttimoottoriin, akkuun sijoitetaan useita ohuita levyjä joka kennoon. Yhteinen pinta tulee suureksi, jolloin monet sulfaatti-ionit lähtevät liikkeelle yhtäaikaan. Samasta syystä tällainen akku on nopeasti ladattavissa. Rakenteen tekee kuitenkin akun vähemmän vakaaksi, sillä on merkitystä sen eliniän kannalta. Käynnistysakun käytettävissä oleva kapasiteetti on tyypillisesti pieni, esimerkiksi 30 %.

Monikäyttöakku

Monikäyttöakut kykenevät tuottamaan pienehkön moottorin käynnistymiselle tarvittavan virran ja kohtuullisesti pientä virtaa varusteille. Tyypillisesti niitä käytetään pienissä perämoottoriveneissä, joissa on rajallisesti varusteita.

Kuva 2.5.
Eri käyttötarkoituksiin soveltuvien akkutyyppien ominaisuuksia.



Käyttöakku/Varusteakku

Käyttöakun tulisi tuottaa pitkään pientä virtaa jännitteen romahtamatta. Tämä ominaisuus takaa sen, että akut ovat ladattavissa uudelleen, vaikka varaustila olisi laskenut varsin alas.

Käyttämällä harvempia mutta paksumpia levyjä joka kennoissa, pinta tulee pienemmäksi ja virtaa ei voida ottaa paljon kerralla. Toisaalta tällainen akku sietää syvemmän purkamisen ja tällaiset levyt ovat vakaampia. Haittana tavallisissa nesteakuissa on latautumisen hidastuminen.

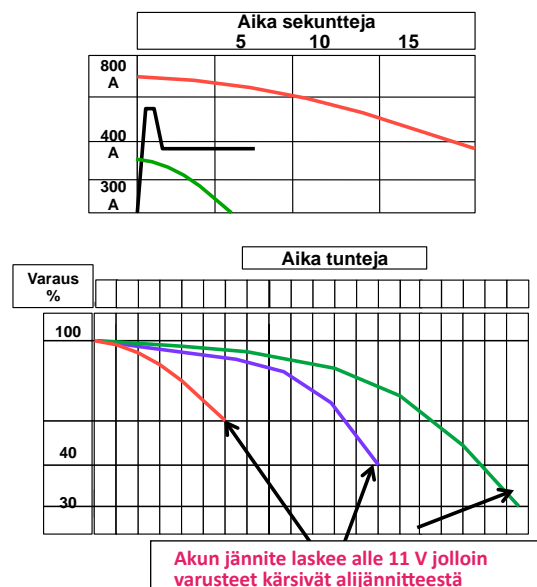
Akun valinta rakenteen mukaan

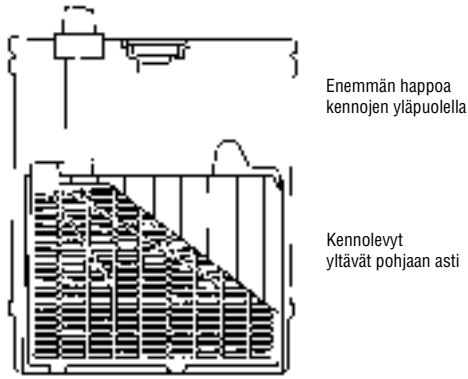
Akkujen valmistajilta löytyy useilla eri rakennetyypeillä tehtyjä akkuja: esimerkiksi neste-, AGM-, hyytelö- ja litiumioniakkuja. Akun mekaaninen kestävyys on myös tärkeä ominaisuus, koska akut altistuvat veneissä jatkuvalle värähtelylle.

Nesteakut

Nesteakuissa akkuhappo on nestemäisessä muodossa. Vaikka akku olisi huoltovapaa, kaatuneesta akusta vuotaa nestettä ulos. Nesteakkujen sijoitusasentoon tulee kiinnittää huomiota siinä tapauksessa, jos vene on kullussa pitkään kallellaan. Nesteakussa akkuhapon tulisi aina peittää kennot.

Huvivenedirektiivissä on määritelty, että ns. huoltovapaan akun pitää kestää 30 asteen kallistuma vuotamatta. Nesteakut tuleekin vuotovaaran takia aina sijoittaa erilliseen, akkuhapon kestävään koteloon. Huoltovapaissa akuissa nestetilavuutta on enemmän kennojen yläpuolella. Nämä akut ovat rakenteeltaan usein hybridiakkuja, tai niissä on kalsiumvahvisteinen hila.





Kuva 2.6. Huoltovapaat akut eroavat tavallisista vain siten, että niissä on matala-antimoni- tai kalsiumvahvisteiset hilat korkean antimoniipitoisuuden sijasta. Lisäksi niissä on enemmän elektrolyyttiä kennojen yläpuolella. Vettä kuluu vähemmän ja niistä saadaan enemmän virtaa.

AGM-akut

AGM-akuissa akkuhappo on imeytetty lasikuitukankaaseen. Kennot pysyvät aina akkuhapon peitossa, eivätkä akut vuoda. Akkujen sijoitus on helpompaa, koska ne voidaan asentaa vapaasti eri asentoihin. Akun rakenteesta johtuen voidaan näiden akkujen kennot tehdä hyvinkin tiiviiksi ja haluttaessa vaikka kiertää rullalle. AGM-akut latautuvat nopeammin kuin vastaavaan käyttötarkoitukseen tarkoitettut nesteakut, pienemmästä sisäisestä vastuksesta johtuen.

Hyytelöakut

Hyytelöakuissa akkuhappo on hyytelöity lisäämällä siihen piiliuosta. Nämä akut vastaavat sijoittelun, vuotamisen ja latautumisen osalta AGM-akkuja.



Kuva 2.7. AGM-rekombinaatioakun rakenne:

1. Spiraalin muotoinen kennorakenne.
 2. Lasikuitumattoerotin.
 3. Tiukkaan kierretty kennomateriaali.
 4. Rakenne sallii korkean lyijypitoisuuden (99,99 % Pb).
 5. Maksimaalinen kennokorkeus.
- Mekaanisesti akut ovat hyvin vahvoja ja sietävät toistuvia syväpurkauksia, ilman että kapasiteetti olennaisesti alenee.

Lyijyhappoakkujen rakenteet ja lisäaineet

Tukiranka

Kennolevyjen pehmeä, aktiivinen massa on kiinnitetty kehukseen eli hilaan. Tällä pyritään takaamaan, että levyt ovat mahdollisimman homogeenisia. Kehys voi olla lyijyä tai antimonia. Kehysten pehmeä lyijy on kovetettu lejeerauksella ja se vaikuttaa akun kemiaan.

Antimoni

Nykyisten lyijyantimoniakkujen hiloissa on vain 1,5 - 2 % antimonia. Hilat ovat tällöin melko pehmeitä ja kuplivat helpommin akun lämmitessä. Akku lämpee, jos sitä ladataan liikaa tai kun se alkaa sulfatoitua. Antimoni lisää vedenkulutusta ja on myös herkkä syväpurkaukselle.

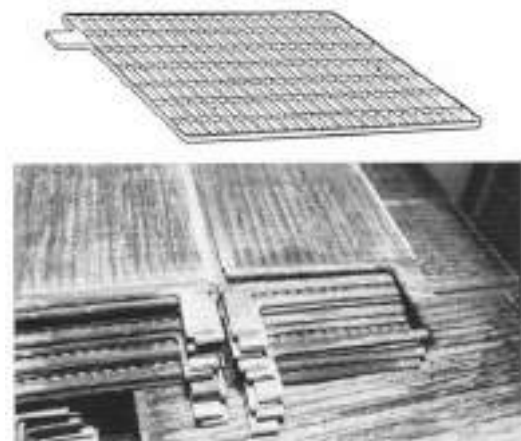
Kalsium

Kalsiumin käyttö antimonin tilalla on vähentänyt huollon tarvetta, veden kulutusta sekä tehnyt rakenteen jäykemmäksi. Se sietää 15 V jännitteen ennen kuin kaasua alkaa muodostua, mikä on myös syynä pienentyneeseen veden kulutukseen.

Huonoihin puoliin kuuluu huono syväpurkauksen kesto. Akun napajännitteen laskeminen liian alas saattaa estää uudelleen lataamisen.

Antimoni ja kalsium

Niin sanotuissa rekombinaatioakuissa käytetään hilojen vahvistusta. Yleensä miinuslevyn hiloissa se on kalsium- ja plus-levyjen hiloissa antimoni-vahvistus. Näin pyritään hyötymään hyvistä ominaisuuksista ja minimoimaan negatiiviset vaikutukset.



Kuva 2.8. Pehmeä, aktiivinen lyijymassa pidetään paikallaan jäykässä hilassa. Tässä levyt ovat valmiina asennettavaksi.

Litiumioniakut

Litiumioniakkuja on ollut käytössä työkaluissa ja viihde-elektronikassa jo pitkään. Yksittäisistä litiumkennoista on rakennettu veneen sähköjärjestelmiä. Litiumrauta-fosfaattiakkuja (LiFePO₄) on saatavissa korvaamaan perinteisiä akkuja. Litiumrauta-fosfaattiakkuissa itsesytytyksen tai räjähdysvaara kuumentumisen tai yllilatauksen seurauksena on hyvin pieni.

Litiumioniakun kemiallinen reaktio tapahtuu elektrodien rajapinnoilla ja on hapettumis/pelkistymisreaktio. LiFePO₄ akun anodilta vapautuu hapettumisen yhteydessä elektroneja, jotka kulkeutuvat ulkoisen virtapiirin kautta katodille aikaansaaden sähkövirran. Tämä saa aikaan pelkistymisreaktion katodilla. Akkua ladattaessa reaktio toimii vastakkaiseen suuntaan. Samanaikaisesti litiumionit purettuina liikkuvat anodista katodiin ja ladattaessa takaisin.

Kaupallisissa sovelluksissa negatiivinen elektrodi on tyypillisesti grafiittia ja positiivinen esimerkiksi litiumrauta-fosfaattia. Koska puhdas litium reagoi voimakkaasti veden kanssa, on elektrolyytti vedetöntä. Tyypillisesti elektrolyytti on sekoitus orgaanisia karbonaatteja sisältäen yhdistelmiä litiumioneista ja muista aineista.

Käytettyjen materiaalien valinta vaikuttaa akun kenno-jännitteeseen, energiatiheuteen, turvallisuuteen ja elinikään. Nanoteknologialla akun suorituskykyä on pystytty parantamaan.

Litiumioniakuista voidaan hyödyntää lähes koko nimelliskapasiteetti, parhaimmillaan 90 - 95 %. Ne sietävät hyvin varastointia myös vajaalatauksessa muutaman viikon. Purku/lataus -syklien määrä saattaa olla jopa

5 000. Kaikki litiumioniakut tulee varustaa valvonta-elektronikalla (BMS = Battery Management System, joko sisäinen tai ulkoinen), katso kuva 2.10.

Lyijyhappoakuilla laturi valvoo akun lämpötilaa jännitteen säätämiseksi. Litiumioniakuilla valvontaelektronikka valvoo akun tilaa latautumisen aikana, ja voi isoissa järjestelmissä säätää latureiden toimintaa.

Valvontaelektronikka valvoo, säätää ja hallitsee muun muassa:

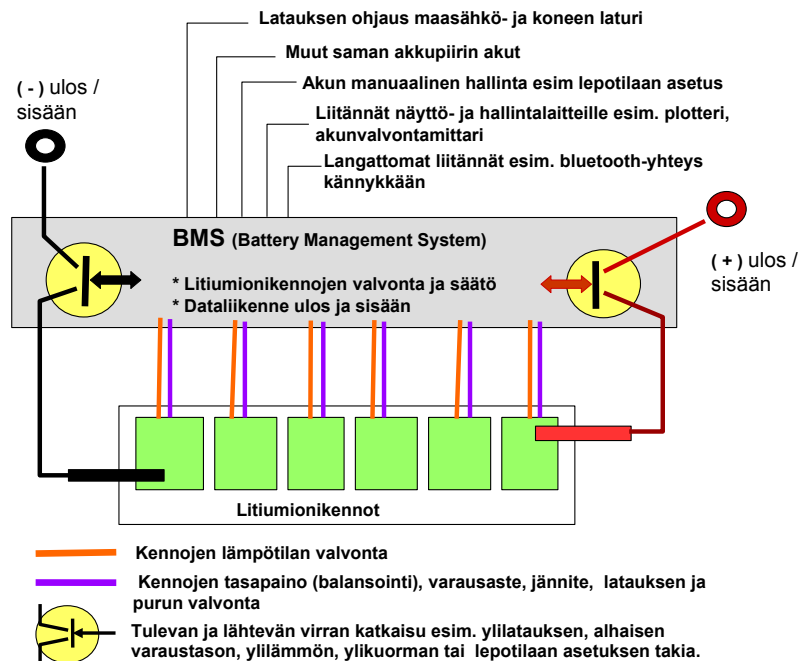
- kennojen tasapainoa
- lataustapahtumaa
- virransyöttöä ulos
- virran katkaisua, kun varaustila laskee alhaiseksi
- kennojen lämpötilaa
- latauslaitteiden toimintaa
- mahdollisesti akun jäähdystystä ja lämmitystä
- tietoliikenne akulta ulos (esim. bluetooth)
- akun asetusta varastointitilaan

Litiumioniakut latautuvat merkittävästi lyijyakuja nopeammin, mikäli latausvirta on käytettävissä riittävästi. Jos latausvirta on pieni, ei latautumisajalla ole merkittävää eroa lyijyakkuihin nähden. Litiumioniakuille ilmoitetaan usein myös suositeltu ja maksimilatausvirta. Edellisen käytöllä saavutetaan pidempi käyttöikä sekä akuille että moottorin laturille.

Litiumioniakku ei saa koskaan tyhjentyä täysin, jolloin valvontaelektronikalle ei ole virtaa. Mikäli näin tapahtuu, ei akkua voida enää riskittömästi ladata uudelleen. Tämä tulee ottaa huomioon sekä akkujen talvisäilytyksessä että tilanteessa, jossa valvontaelektronikka on



Kuva 2.9. Litiumioniakkuja on saatavilla myös veneisiin. Ne voidaan ottaa käyttöön edellyttäen, että maasähkön kytketyssä akkularurissa on valittavissa AGM- ja hyttelölatausohjelma.



Kuva 2.10. Esimerkki litiumioniakun valvontaelektronikasta (BMS).

katkaissut virran syötön ulos alhaisesta varaustilasta johtuen. Valvontaelektroniikka kuluttaa aina virtaa (esimerkiksi CAN-väylä ON 0,7 Ah/vrk – OFF 0,4 Ah/vrk. Lisäksi itsepurkaus on 3 %/kk).

HUOM. Kun veneen akkujärjestelmä perustetaan litiumioniakkuihin, on suunnittelussa ja toteutuksessa otettava huomioon kokonaisuus; valitun akun ominaisuudet ja vaatimukset, lämpötilanhallinta, maasähkön, moottorin ja muiden latausjärjestelmien ominaisuudet, ohjattavuus ja säätö.

HUOM. Litiumioniakkuja valmistetaan erilaisista kenomateriaaleista, ja siksi akkujen nimellis- ja latausjännitteissä saattaa olla merkittäviä eroja; 12 V järjestelmään markkinoidaan akkuja, joiden nimellisjännite on todellisuudessa 11,1 V/latausjännite 12,6 V, vastaavasti 24 V järjestelmään nimellisjännite 25,2 V/latausjännite 29,4 V. 12 V -järjestelmään sopivan esim. AGM-akku korvaavan LiFePO₄ perusteisen litiumioniakun nimellisjännite on 12,8 V/latausjännite 14,6 V.

Akkujen ja niiden latausjärjestelyjen yhteensopivuus on syytä varmistaa huolella.

Litiumioniakkuihin siirryttäessä ”mutu ja viritykset” johtavat varmuudella epäonnistumiseen ja merkittäviin vahinkoihin.

Joitakin sisäisellä valvontaelektroniikalla varustettuja litiumioniakkuja markkinoidaan ns. plug -and -play -akkuina AGM- ja hyytelöakuille. Tällä yksinkertaisella vaihdolla ei saavuteta kaikkia litiumioniakkujen tuomia etuja, ja saatetaan ylikuormittaa koneen laturia. Moottorin ja maasähkölaturin tehot ovat todennäköisesti liian pieniä tavoiteltuun latausaikaan nähden. Katso Moottorin laturin ja maasähkölaturin koko (s. 44).

Kiinteällä elektrolyytiliillä olevien litiumioniakkujen tulemisesta auto- tai muuhun liikennekäyttöön on puhuttu jo muutamia vuosia mutta niitä ei toistaiseksi vielä ole kaupallisesti saatavilla. Kiinteällä elektrolyytiliillä olevia akkuja on jo ollut pitkään käytössä mm. sydämentahdistimissa, kulunvalvonnassa (RFID; Radio Frequency Identification), älyvaatteissa ja vastaavissa pienikokoisissa sovelluksissa. Näiden akuissa anodina, katodina ja elektrolyytinä käytetään kyseiseen sovellukseen sopivaa yhdistelmää.

Suurempien akkujen vastaavien materiaalien tutkimukseen käytetään paljon resursseja, koska energiatiheyttä on tarve nostaa. Keskeisin ero nykyisin myytäviin litiumioniakkuihin on se, että elektrolyytti on kiinteänä pinnoitteena (esim. keraaminen, polymeeria tai lasi). Elektrolyytti on ohut pinnoite, joka säästää tilaa, mutta se on haasteellinen valmistaa. Erityisen haasteellista on saada pinnoite täydelliseen kontaktiin anodiin ja katodiin. Mikäli tätä ei saavuteta vaikuttaa se suoraan latautumiseen, kapasiteettiin ja virrantuottoon. Energiatiheyttä voidaan nostaa materiaalivalinnoilla sekä ohutkalvotekniikan sallimalla tehokkaammalla pakkaus-

tekniikalla. Näiden tutkimuksen rahoittajia ovat mm. suuret autovalmistajat, koska näillä akuilla voitaisiin merkittävästi pidentää sähköautojen toimintamatkaa tai pienentää akuston kokoa ja painoa. Nämä akut myös latautuvat nopeammin kuin nykyisin käytössä olevat litiumioniat, mikäli latausinfra vain kykenee tuottamaan riittävästi virtaa.

Kiinteällä elektrolyytiliellä varustettuja litiumioniakkuja pidetään turvallisempina, koska ne eivät syty palamaan tai räjähdä joutuessaan tekemisiin ilman kanssa.

Myös valmistusprosessin yhteydessä on mahdollista päästä eroon haitallisista orgaanisista kemikaaleista, joita käytetään nykyisten litiumioniakkujen elektrolyytissä.

HUOM. Kaikista akkutyypeistä (neste-, AGM-, hyytelö- ja litiumioniakku) voidaan tehdä veneeseen sopiva akusto. Etenkin lyijyhappoakkuja käytettäessä lataamisen kannalta on helpointa pitäytyä samassa rakennetyypissä; jos valitaan AGM-akut, tulee silloin kaikkien akkujen olla AGM-akkuja.

Mikäli varusteakkuina on litiumioniakkuja ja käynnistysakkuna AGM-akku, rakennetaan latausjärjestelmä poikkeavasti esim. akusta - akkuun laturilla (katso liite 3). Näin erityyppisten akkujen lataus saadaan optimoitua ja tarvittaessa myös rajoitetaan moottorin laturin kuormitusta.

Virrantuoton venyvyys

Lyijyakuille on tyyppistä, että ne kykenevät tuottamaan virtaa alhaisella varausasteellakin, joskin jännite laskee. Näin ollen nykyisin käytössä olevat monijännitteellä (9 - 30 V DC) toimivat navigointilaitteet ja led-lamput saattavat toimia, vaikka varausaste on hyvinkin alhainen.

Litiumioniakkujen jännite pysyy suhteellisen normaalina aina siihen varaustilan raja-arvoon asti, jolloin valvontaelektroniikka katkaisee virran ulossyötön. Jotta vältetään tämän tilanteen hankaluuksilta, on tärkeää, että varaustilan laskemisesta saadaan varoitus riittävän ajoissa. Varoituksen raja-arvo kannattaa määrittää siten, että jää riittävästi aikaa tehdä tarpeelliset toimenpiteet.

2.3 Sähköntarve veneessä

Tässä kappaleessa kuvataan veneen laitteiden sähkönkulutusta ja arvioidaan kulutuksen edellyttämää akkukapasiteettia.

Venematkalla tulee selvittää akuissa olevalla sähköllä lisättyä matkan aikaisella latauksella. Akut ottavat sähköä vastaan, varastoivat sen ja toimittavat sen taas käyttöön. Veneilijä on ”varastopäällikkö”, jonka on osattava arvioida sähkönkulutus, jotta akut eivät tyhjene liikaa.

Veneen sähkön tarvetta arvioitaessa pitää olla selvillä viisi asiaa: liityntäteho (wattia), kulutus (ampeirituntia), latausvirta (ampeeria), akkukapasiteetti (Q) ja latausaika (tuntia).

Veneen sähkönkulutusta ja sen vaikutusta tarvittavaan akkukapasiteettiin erityyppisillä akuilla voi arvioida STEK ry:n nettisivujen laskurilla. Laskuri helpottaa tarvittavan akkukapasiteetin arvioimista, jotta saadaan käytettyä haluttuja laitteita yhden vuorokauden ajan ilman lisälatausta. Laskuri löytyy sivustolta stek.fi. Laskuri huomio myös akkujen ikääntymisen vaikutuksen.

Liityntäteho

Veneen kaikista sähkölaitteista kannattaa tehdä luettelo ja merkitä siihen laitteiden tarvitsema teho ja arvioitu käyttöaika vuorokaudessa. Luettelo voi esimerkiksi suu-
rehkossa veneessä näyttää tällaiselta:

	Perinteinen tekniikka	Uusi tekniikka
4 merenkulkuvaloa à 10 W	40 W	LED 4 W
1 ankkurivalo	10 W	LED 1 W
2 kansivaloa à 20 W	40 W	LED 4 W
Instrumentit jne.	80 W	
8 lamppua kannen alla à 10 W	80 W	LED 8 W
Radiovastaanotin	10 W	
VHF stand by-tilassa	4 W	
VHF lähetyksessä	40 W	
Stereolaite	80 W	
MatkaTV	100 W	LED 40 W
Jääkaappi	120 W	uusi tekn. 58 W
Lämmityslaite	70 W	
Ankkurivintturi	1500 W	

Uudella led-tekniikalla toteutettu valaistus sekä muut modernit käyttölaitteet pienentävät laskelmassa olevia tehomääriä, mutta erilaiset uudet laitteet vastaavasti lisäävät kulutusta.

Kulutus

Isoja apulaitteita – ankkurivinssi, keulapotkuri, jne. – lukuun ottamatta voidaan laskea, että laturi pystyy tuottamaan kaiken tehon niin kauan, kun liikutaan moottorin avulla. Jos moottori on tyhjäkäynnillä, voi kulutus helposti olla suurempi kuin vanhemman heikkotehoisen laturin tuottama teho juuri sillä hetkellä.

Laskelman kannalta merkittävää on, mitä tehoa käytetään (= mitkä laitteet ovat käytössä), kun veneen moottori on pysähdyksissä satamassa tai purjevene kulkee purjeilla. Laskelma voi näyttää esimerkiksi seuraavalta:

	Perinteinen tekniikka	Uusi tekniikka
8 lamppua à 10 W 3 tuntia	240 Wh	LED 24 Wh
Radiovastaanotin 6 W 2 tuntia	12 Wh	
VHF:n stand by 4 W 8 tuntia	32 Wh	
VHF:n lähetys 40 W 0,5 tuntia	20 Wh	
Stereot 80 W 2 tuntia	160 Wh	
TV 100 W 1,5 tuntia	150 Wh	LED 60 Wh
Jääkaappi 120 W 6 tuntia	720 Wh	348 Wh
Lämmityslaite 70 W 6 tuntia	420 Wh	
Ankkurivintturi 1500 W 2 min	30 Wh	
Yhteensä	1784 Wh	1106 Wh

Päivittäin käytetty akkukapasiteetti on:

$$Q = \frac{W}{U} = \frac{1784 \text{ Wh}}{12 \text{ V}} = n. 150 \text{ Ah}$$

Kun latausta ei ole käytettävissä – moottori ei käy, eikä olla kytkeytyneenä maasähköön – akkujen pitää voida luovuttaa yllä mainittu määrä ampeiritunteja. Lisäksi on tärkeää tietää kaksi asiaa:

1. Akuista voidaan ottaa ulos vain rajoitetusti niiden kokonaiskapasiteetti; lyijy- tai happoakkujen osalta 40 - 60 %, litiumioniakuista noin 90 %.
2. Kun lyijyhappoakut ovat melkein täysiä (85 - 90 %), tarvitaan vielä paljon aikaa, ennen kuin viimeinenkin 15 - 10 % saadaan ladatuksi.

Huippuluokan lyijyhappovarusteakuilla on suotuisissa olosuhteissa käytettävissä 60 % asennetusta akkukapasiteetista. Käytännössä kannattaa kuitenkin välttää käyttämästä enempää kuin puolta akun nimellisestä kapasiteetista.

Edellisen laskelman mukaisessa esimerkissä pitäisi veneessä olla akkukapasiteettia:

Tarvittava kokonaiskapasiteetti Q tot.

$$\text{Ah} = \frac{\text{päivittäin käytetty Ah} \times 100}{\text{käyttö kapasiteetti \%}}$$

Lyijy- tai happoakuilla 50 % käyttökapasiteetilla

$$Q \text{ tot} = 150 \text{ Ah} * 100 / 50 \% = 300 \text{ Ah}$$

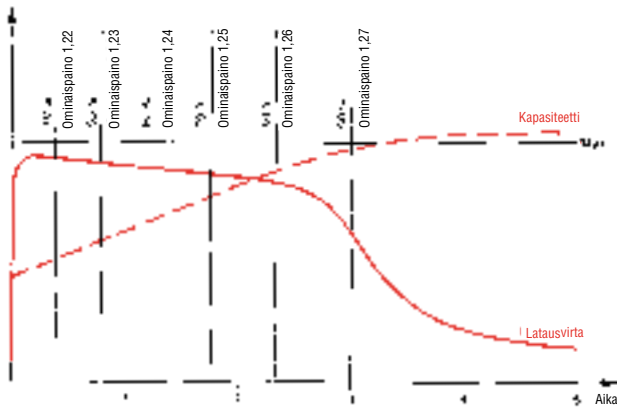
Litiumioniakuilla 90 % käyttökapasiteetilla

$$Q \text{ tot} = 150 \text{ Ah} * 100 / 90 \% = 167 \text{ Ah}$$

Akkujen ikääntymisen vaikutuksesta akkukapasiteettiin katso kohta 5.1. Akut/Ikääntyminen sivu 43.

Latausaika

Kun 50 % kapasiteettiin purettua lyijyhappoakkuja aletaan ladata, on virta ensin suuri, jännite alempi ja lataus-



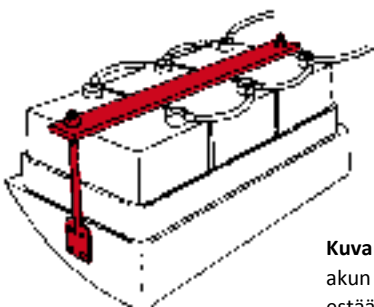
Kuva 2.11. Tyypillinen nesteakun latautumisen – ja latausvirran käyrä.

tuminen nopeampaa. Kun akku alkaa täyttyä (80 - 90 % varaustila) latautuminen hidastuu, latausvirta alenee ja jännite nousee. Viimeisen 10 % kapasiteetin latautuminen kestää jo huomattavan kauan. Koska litiumioniakku latautuu käytännössä koko ajan suuremmalla virralla, on latautuminen nopeampaa.

Aiemmassa esimerkissä yhden päivän kulutus on 150 Ah. Jos esimerkiveneessä on 55 A laturi ja kulussa ollessa virtaa kuluu laitteille 15 A, jää akkujen lataamiseen virtaa 30 A. Moottoria pitää käyttää yli 10 tuntia lyijyakkujen lataamiseksi täyteen – litiumioniakuilla-kin lataus kestää yli 5 tuntia. Kulun aikaisen kulutuksen vähentämisellä voidaan hieman lyhentää latausaikaa. Laturin suurentamisella (esim. 90 A) voidaan etenkin litiumioniakkujen latausaikaa lyhentää merkittävästi. Katso kohta Litiumioniakut ja moottorin laturi sivu 46.

Moottorilla ajetaan harvoin niin pitkään, että akut saataisiin ladattua aivan täyteen. Liikkeellä oltaessa on aina myös kulutusta. Käytännössä akkujen lataaminen täyteen onnistuu vain maasähköön kytketyllä akkularilla sekä aurinkopaneeleilla, tuuligeneraattorilla tai polttokennolla, jos aikaa on riittävästi.

Lyijyhappoakkujen pitkän eliniän kannalta olisi hyvä saada kaikki sulfaatti-ionit levyiltä rikkihappoon niin usein kuin mahdollista. Lyijyhappoakku, jota ei koskaan pureta liian tyhjäksi, jossa ei koskaan ole liian vähän vettä, ja joka ladataan täyteen vähintään joka toinen viikko, saattaa kestää 5 - 10 vuotta.



Kuva 2.12. Esimerkki akun kiinnityksestä, joka estää akun liikkumisen.

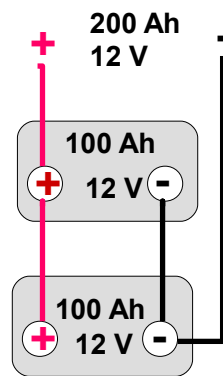
Akkujen varaustilaa voi helposti seurata jännitemittarilla ja akunvalvontamittarilla. Näiden toiminta selvitetään oppaassa jäljempänä kohdassa Akkujen valvontalaitteet.

2.4 Akkujen turvallisuus, sijoitus, lukumäärä ja hoito

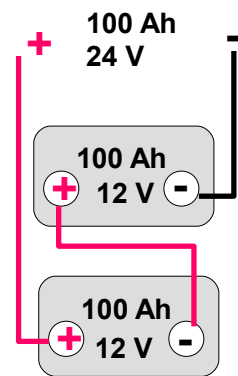
Turvallisuus ja sijoitus

Nesteakku tulee aina sijoittaa akkuhapon kestäväan koteloon ja huomioida kallistussuunta. Akku sisältää happoa ja suuren energiamäärän, joka voi purkautua lyhyessä ajassa. Akun napoja ei koskaan saa oikosulkea. Oikosulkuvirta voi olla useita tuhansia ampeereja.

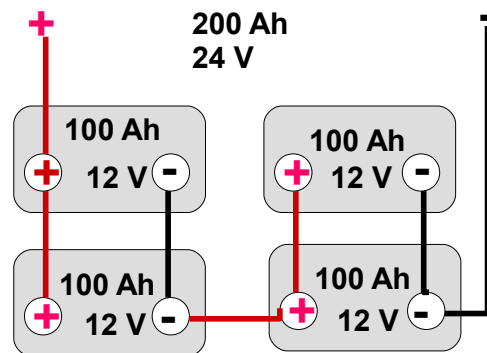
Jakoavaimen tai muun metallisen esineen pudottaminen napojen päälle aiheuttaa vaaran. Suuri virta aiheuttaa sen, että jakoavain voi hitsautua kiinni napoihin



Kuva 2.13. Kolmen akun rinnankytkentä. Jännite ei muutu, mutta kapasiteetti kolminkertaistuu. Energiamäärä on sama.



Kuva 2.14. Akkujen sarjankytkentä. Kapasiteetti ei muutu, mutta jännite kolminkertaistuu. Energiamäärä on molemmissa kytkennöissä sama.



Kuva 2.15. 24 V -järjestelmä on useimmiten yhdistelmä rinnan- ja sarjakytkennästä. Tässä on neljä 12 V 100 Ah akkua kytketty antamaan 24 V ja 200 Ah.

ja alkaa hehkua. Tällöin akku saattaa räjähtää levittäen lyijyä ja happoa pitkin venettä. Jos akkuhappoa saa silmiinsä, tulee silmiä huuhdella pitkään ja perusteellisesti puhtaalla vedellä ja hakeutua lääkäriin niin pian kuin mahdollista.

HUOM. Akkuhappo on syövyttävää nestettä ja erittäin vahingollista useimmille materiaaleille. AGM-, hyytelö- ja litiumioniakkujen sijoittelu on tässä mielessä helpompaa.

HUOM. Litiumioniakut sisältävät reaktiivisia aineita, jotka reagoivat voimakkaasti ilman kanssa, ja siksi akkujen kuori ei saa vahingoittua. Akut pitää suojata mekaanisilta kolhuilta.

Koska kaikki akut painavat merkittävästi, pitää ne kiinnittää tukevasti. Korkeita lämpötiloja tulee välttää. Sijoituspaikka kannattaa mahdollisuuksien mukaan valita läheltä veneen liikepainopistettä, jotta vältetään liikevoiman aiheuttamilta vahingoilta.

Kuinka monta akkua?

Akkujen lukumäärään vaikuttaa tarvittava kapasiteetti ja tila. On parempi varustaa vene vähintään kahdella akulla, aivan pieniä veneitä lukuun ottamatta. Toisen akun tyhjennyttyä, jää toinen vielä käyttöön.

Kun tiedetään veneen virrankulutus ja tarvittava kapasiteetti, voidaan laskea tarvittava akkujen määrä. Käyttötarve voi esimerkiksi olla 150 Ah. Silloin veneeseen voidaan asentaa nimelliskapasiteetiltaan 3 kpl 100 Ah:n tai 4 kpl 75 Ah:n AGM- tai hyytelöakkua tai 2 x 90 Ah litiumioniakkua ja kytkeä ne rinnan. Rinnankytkettävien akkujen tulee olla samanlaisia.

Akustossa kannattaa useimmiten kaikki akut vaihtaa samanaikaisesti. Katso lisää Vianetsintä-osiosta, s. 57.

Rinnan- ja sarjakytkentä

Akuilla on yhteensä tietty energiamäärä (jännite x virta x aika). Ne voidaan kytkeä yhteen kahdella tavalla: joko rinnankytkentänä tai sarjakytkentänä.

HUOM. Eri valmistajien litiumioniakuilla on rajoituksia kytkennöissä. Joidenkin valmistajien akkuja ei saa kytkeä sarjaan ollenkaan ja rinnankytkennässäkin on rajoituksia lukumäärässä. Rajoituksia tulee ehdottomasti noudattaa.

Litiumioniakkuihin perehtynyt liike voi tarvittaessa tehdä litiumkennoista ja valvontaelektroniikasta akun poikkeaviin sovelluksiin.

Rinnankytkentä

Kun kaikissa akuissa kytetään kaikki plus- ja kaikki miinus-navat yhteen, jännite pysyy samana, mutta kapasiteetti kasvaa jokaisesta lisäakusta. On suositeltavaa, että (+) ja (-) ulosotot otetaan akuston eri päistä, jotta akkujen varaus pysyy paremmin tasapainossa toisiinsa nähden.

Sarjakytkentä

Jos kunkin akun plus-napa kytetään seuraavan akun miinus-napaan, jokainen akku lisää jännitettä, mutta kapasiteetti (Ah) säilyy muuttumattomana.

Useimmissa huviveneissä on 12 V -järjestelmä, eikä myynnissä ole juuri muita kuin 12 V -akkuja. Haluttu akkukapasiteetti saadaan riittävän monella rinnankytkettävällä akulla. Joissakin suurissa veneissä on 24 V -järjestelmä. Rinnan- ja sarjakytkentää voidaan yhdistää kuvan 2.15. esittämällä tavalla.

Akun hoito

Akut ovat veneen sähkölaitteiston sydän. Niiden hoito ja kunnossapito on yksinkertaista, mutta luotettavuuden ja turvallisuuden kannalta tärkeää.

Nestepinnan korkeus

Elektrolyyttiä pitää olla noin 1 cm yli kennolevyjen, tai sisällä korkin alla olevaan merkkitasoon asti. Akkujen jälkitäyttöön saa käyttää vain tislattua tai ns. akkuvettä. Kennolevyt eivät siedä kuivumista. Levyille ei myöskään saa joutua likaa. Korkkien ympäristö tulee pestä ja puhdistaa huolellisesti ennen avaamista. Jos elektrolyytin pinta vajoaa epänormaalisti yhdessä tai useammassa kennossa, on akku lopullisesti vaurioitunut.

Akun puhdistus

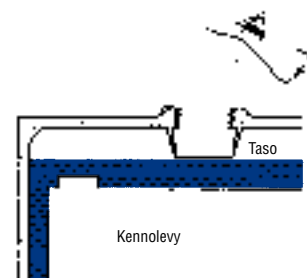
Akun navat ja akkukengät tulee puhdistaa napaharjalla, joka pitää kummatkin pinnat pyöreinä ja tasaisina. Mikäli napaharjaa ei ole käytettävissä, puhdistus voidaan tehdä viilalla, hiekkapaperilla tai veitsellä. Akkukengät tulee kiristää kunnolla napoihin, ja lopuksi napakengät voidellaan hapottomalla rasvalla. Valkoinen pinta napojen ympärillä kertoo huonosta kontaktista napojen ja akkukenkien välillä, ja johtuu usein akkukenkien huonosta kiristyksestä. Valkoinen pinta tulee poistaa. Kannen ja akun navat voi pestä veteen sekoitetulla leivin jauheella tai alkalisella saippualla (vihersaippua). Kansi tulee huuhdella hyvin, mutta huuhteluvettä ei saa mennä kennoihin.

Akun säilytys

Akut kannattaa säilyttää varattuina kuivassa viileässä paikassa kaapelikengät irrotettuna. Viileä ympäristö hidastaa itsepurkautumista. Mikäli varaustila laskee kyl-

Kuva 2.16.

Elektrolyyttiä pitää olla noin 1 cm yli kennolevyjen. Monissa akuissa on korkin alla pieni taso, joka osoittaa oikean elektrolyyttimäärän.



mänä aikana riittävän alas, on vaarana että akku jäätyy ja vaurioituu. Oheisessa taulukossa nähdään varaustilan, lepojännitteen ja jäätyislämpötilan suhde. Mikäli jännite laskee, on akut syytä ladata.

Litiumioniakut tulisi säilyttää kuivassa, + 0 - 20°C -lämpötilassa, valvontaelektronikka kytkettynä ja varaustilassa ollessa noin 80 %. Lämpötilan osalta kannattaa tarkistaa valmistajan suositus. Talven aikana akkuja tulee ladata muutaman kerran, jotta varmistetaan valvontaelektronikalle riittävä varaustila. Lataaminen tulee tehdä laturilla, jossa on siihen soveltuva latausohjelma. Useammasta akusta muodustava akusto tulisi ladata kokonaisuutena, jotta akkujen tasapaino pysyy vakaana. Jotkin akut voidaan asettaa ns säilytystilaan, mutta silloinkin valvontaelektronikka vie hieman virtaa. Akkujen vioista löydät lisätietoa oppaan Vianetsintä-osiosta sivu 57.

Taulukko 2.17. Nesteakkujen jäätyislämpötila riippuu niiden varaustilasta.

Varaus %	Ominaispaino	Jännite	Jäätyminen
100 %	1,28	12,7 V	-67 °C
50 %	1,23	12,3 V	-41 °C
30 %	1,16	12,0 V	-16 °C
0 %	1,10	10,5 V	-7 °C

Taulukko 2.18. Erityyppisten akkujen tyypillisiä lepojännitearvoja. Lepojännitteellä tarkoitetaan tilannetta, jossa akkuja ei rasiteta eri sähkölaitteilla.

Akkutyyppe	Tyhjä akku	30 % varaus	50 % varaus	Täysi akku
Huoltovapaa akku	11,7 V	12 V	12,3V	12,7 V
AGM akku	11,8 V	12,2 V	12,5 V	12,85 V
Hyytelöakku	11,9 V	12,3 V	12,5 V	12,8 V

Taulukko 2.19. Kun akkuja ladataan joko moottorilla tai maasähkölaturilla, on jännite aluksi matalampi ja nousee kun akut latautuvat.

Akkutyyppe	Tyhjä akku	50 % varaus	Täysi akku	Ylläpito varaus
Huoltovapaa akku	13,5 V	14 V	14,4 V	13,5–13,6 V
AGM akku	13,7 V	14,1 V	14,7 V	13,6–13,8 V
Hyytelöakku	13,7 V	14,1 V	14,5 V	13,6–13,8 V

Taulukko 2.20 Erityyppisten akkujen tyypillisiä käyttöjännitearvoja; Akuista otetaan virtaa, mutta niitä ei ladata.

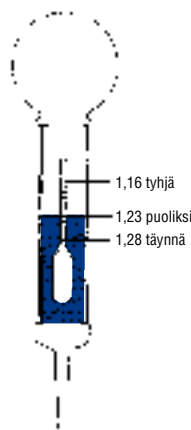
Akkutyyppe	Tyhjä akku	30 % varaus	50 % varaus	Täysi akku
Huoltovapaa	10,5 V	11,5 V	12,0 V	12,5 V
AGM akku	10,6 V	11,6 V	12,2 V	12,6 V
Hyytelöakku	10,7 V	11,6 V	12,2 V	12,6 V

2.5 Akkujen valvontalaitteet

Akusto on keskeinen osa veneen sähköjärjestelmää, ja sen kuntoa kannattaa seurata säännöllisesti. Menetelmiä tähän on neljä: ominaispainomittarin, volttimittarin, ampeerimittarin tai akunvalvontamittarin tai -monitorin käyttö.

Ominaispainomittari

Avoimilla nesteakuilla voi käyttää happomittaria, joka näyttää elektrolyytin tiheyden (ominaispainon). Kun akku on täysin ladattu, happo on painavaa. Tiheyden pitää olla 1,28. Kun tiheys on alle 1,18, on akku melkein tyhjä. Happomittari kertoo vain osatotuuden – sen sijaan lepojännite ja kuormituskoe kertovat enemmän. Katso tarkemmin Vianetsintä-osiosta sivu 57.



Kuva 2.21. Happomittari kertoo akun tilan suhteessa todelliseen (usein pienentyneeseen) kapasiteettiin. Elektrolyyttiä imaistaan mittalasiin ja hapon tiheys luetaan uimurinvarresta.

Volttimittari

Volttimittari on yksinkertainen laite, jolla on suhteellisen helppo seurata akkujen ja latauslaitteiden kuntoa ja toimintaa. Volttimittaria luettaessa pitää tietää mitä jännitearvoa kulloinkin näytetään: lepo-, käyttö- vai latausjännitettä. Lisäksi eri akkutyypeillä – neste-, AGM-, hyytelöakku ja litiumioni – vastaavat arvot poikkeavat toisistaan.

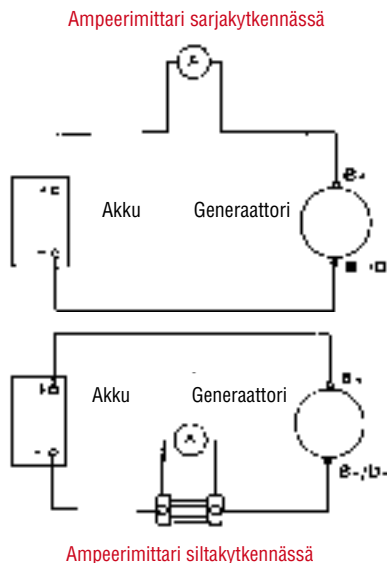
Volttimittarin kytkentäpaikka vaikuttaa mittaustuloksiin. Mikäli jännitemittaus tehdään suoraan akkujen navoista jännitteet voivat poiketa merkittävästi esim. kytkinpaneelilta mitatuista arvoista. Mitattuja arvoja alentaa johtojen jännitehäviö. Pitemmillä ja ohuilla johdoilla ja mahdollisilla liitoksilla jännitehäviö voi olla 0,5 V. Jos ero kasvaa isoksi (useampi voltti), on se merkki johdotuksen tai liitäntöjen huonosta kunnosta.

Ampeerimittari

Ampeerimittari kytketään siten, että nähdään virrankulku molempiin suuntiin: kuinka paljon virtaa ladataan, kun moottori käy ja kuinka paljon virtaa kuluu, kun sähköä käytetään ilman latausta. Mittari näyttää myös ns. nettolatauksen, jos sähköä käytetään samanaikaisesti, kun lataus on käynnissä.

Tavallinen ampeerimittari mittaa virran sarjakytkenässä (kuva 2.22); kaikki ladattu ja kulutettu virta kiertää mittarin kautta. Tästä aiheutuu jännitteen alenemaa ja kytkentä on palovaarallinen.

Veneessä pitääkin käyttää ns. shuntiampeerimittaria (kuva 2.22). Shunttimittari on millivolttimittari, joka



Kuva 2.22. Tavallisella, sarjaan kytketyllä ampeerimittarilla kaikki virta kulkee kojelaudalle ja takaisin. Silta-ampeerimittari mittaa jännitteen alenemaa sillassa (shuntissa), jonka vastus tunnetaan.

mittaa jännitteen muutosta sillassa (shuntissa), jonka vastus tunnetaan. Shuntti on sijoitettu suoraan pääkaapeliin. Jännitteen alenema ja palovaara on eliminoitu.

Akun ollessa tyhjä ja jännitteen alhainen, nähdään mittarista että latausvirta on suuri. Kun akku varautuu, latausjännite nousee ja mittarissa latausvirta laskee. Kun akku on täysi, näyttää mittari pientä latausvirtaa.

Akunvalvontamittari tai -monitori

Mittausshunttia hyödyntävät myös ns. akunvalvontamittarit. Ne näyttävät jännitteen ja virran kulun sekä akusta sisälle että ulos. Kun mittarille asetetaan mitattavan akuston kapasiteetti (Ah) ja se nollataan käyttöohjeen mukaisesti, saadaan lisäksi hyvä käsitys siitä, missä varaustilassa akut ovat. Varaustila laskee, kun sähköä käytetään, ja nousee kun akkuja ladataan. Varaustila voidaan näyttää ampeeritunteina (Ah), prosentteina täydestä varauksesta tai graafisesti. Mittari on hyvin havainnollinen ja asennus yksinkertaista. Mittari kykenee näyttämään myös pieniä latausvirtoja riittävällä tarkkuudella, joten aurinkopaneelien ja tuuligeneraattorien toiminnan seuraaminen onnistuu sen avulla hyvin.

Useimpiin valvontamittareihin voidaan asettaa hälytysraja alhaiselle varaustilalle.



Kuva 2.23. Akunvalvontamittari mahdollistaa akkujen toiminnan monipuolisen seuraamisen.

2.6 Akun latausjärjestelmät

Keskeisiä komponentteja voivat olla:

- moottorin generaattori
- aurinkokenno
- tuuligeneraattori
- laahus-, potkuriakseli- tai perälautageneraattori
- polttokenno.

Maasähköjärjestelmän akkulaturia ja erillistä generaattoria käsitellään Maasähkö-osiossa, kohdassa 3.3.

Akuille on hyväksi, että niitä käytetään. Käyttö pitää aktiivisen massan pehmeänä. Uudella akulla täysi varaustila saavutetaan kohtuullisessa ajassa. Akun ikäänlyydessä ei täyttä varaustilaa enää saavuteta ja vajaan saavuttaminen vie pidemmän ajan. Akku muodostaa

jonkin verran kaasua ja sen tuuletuksesta sekä kennojen nestepinnan tarkkailusta tulee huolehtia. Lisääntynyt vedenkulutus yhdessä kennossa voi myös tarkoittaa, että kenno on sulfatoitunut ja siksi vaurioitunut (katso tarkemmin Vianetsintä-osiosta sivu 57).

Moottorin generaattori

Vene kuljettaa mukanaan kaiken kulkemiseen, instrumentteihin ja mukavuuteen tarvittavan energian. Kun mahdollista nestekaasua ei oteta huomioon, kaikki energia on varastoitu polttoainetankkiin sekä ladattuihin akkuihin.

Laturi on veneen voimalaitos, jota veneen moottori käyttää yhdellä tai usealla kiilahihnalla. Nykyisin uusissa voimakkaammissa latureissa käytetään ns. moniurahihnaa riittävän pyörityskitkan aikaansaamiseksi.

Nykyaikainen laturi tuottaa vaihtojännitettä (vaihtovirtaa). Akku kuitenkin tarvitsee tasajännitettä (tasavirtaa). Ennen kuin sähkö lähtee laturista, se pitää siksi tasasuunnata. Nykyaikaiset vaihtovirtalaturit antavat hyvin tehoa jo tyhjäkäyntikierröksillä.

Vaihtovirtalaturi

Veneen laturi on pienoiskopio voimalaitosten generaattoreista. Se sisältää kaksi voimakasta sähkömagneettia:

- staattori on rengasmaainen ja kiinteä
- roottori on lieriömäinen ja se pyörii staattorin sisällä.

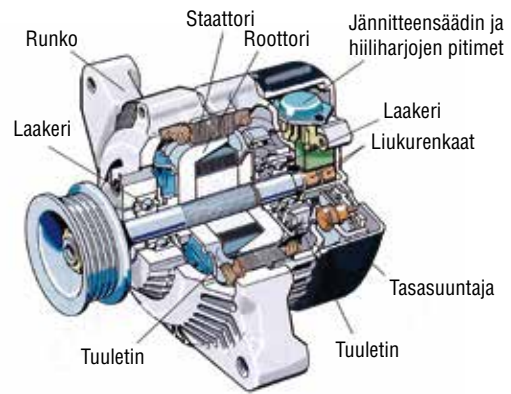
Moottorin käydessä laturin roottori pyörii hihnapyörän välityksellä.

Generaattori eli laturi toimii näin:

1. Roottorin sähkömagneetti aktivoidaan tuomalla roottorikäämiin jännite, joka synnyttää käämiin virran. Käämi magnetisoituu ja syntyy magneetikenttä. Jännite tuodaan ulkopuolelta laturissa olevasta kytkentänavasta DF.
2. Kun tämä magneetikenttä pyörii staattorin käämityksen sisällä, syntyy staattoriin jännite. Kiilahihnan mekaaninen energia muuttuu sähköenergiaksi staattorissa. Mitä enemmän virtaa laturi tuottaa, sitä raskaampaa on vetää kiilahihnaa.
3. Indusoitunut virta tasasuunnataan generaattorissa, ennen kuin se lähtee akkuun generaattorin navoista B+ ja D-.

Jännitteensäädin

Mitä suurempi jännite syötetään kenttään, sitä enemmän virtaa menee kenttäkäämeihin, ja sitä vahvempi tulee magneetikenttä. Kenttävirta seuraa kenttäjännitettä kaiken aikaa. Nesteakun napajännitteen pitää olla



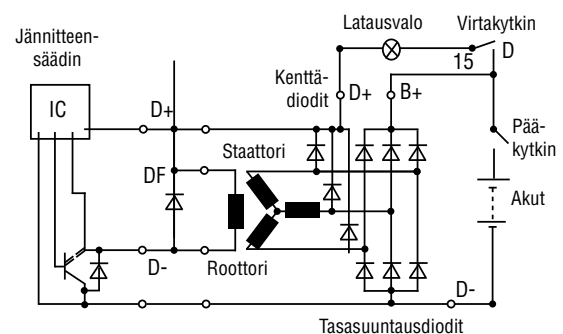
Kuva 2.24. Laturin mekaaninen rakenne.

lähellä 14,4 voltia (kts. eri akkutyypin latausjännitteet ladattaessa taulukko 2.19. sivulla 21), jotta se voitaisiin ladata täyteen. Jos jännite tulee tätä suuremmaksi, energia kuluu veden hajottamiseen ja räjähdyskaasun valmistukseen. Latausta pitää voida ohjata ja sitä tehtävää hoitaa jännitteensäädin. Aiemmin jännitteensäädin oli laturissa erillisenä, mutta uusimmissa se on rakennettu laturin yhteyteen. Lisätietoa latauksen jännitteensäädöstä, latauksen optimoinnista sekä litiumioniakkujen osalta huomioitavia seikkoja löydät sivulta 44–46.

Perämoottori

Vanhemmissa perämoottoreissa tuotetaan virtaa ensisijaisesti sytytykseen. Jossakin näistä moottoreissa on lisäksi virran ulosotto kulkuvaloille. Sähkökäynnistykseen myötä asennettiin lisäksi erillinen latauspiiri, jolla saatiin ladattua käynnistysakkuja ja voitiin käyttää rajoitetusti varusteita. Virta ei tule oikeasta generaattorista, vaan kestopolttimista, jotka on kiinnitetty vauhtipyörään samalla tavoin kuin esimerkiksi mopoissa.

Kestopolttimet heikkenevät vanhetessaan johtuen sekä lämmöstä että tärinästä. Suorituskyky heikkenee ajan oloon ja tämä on yksi selitys vanhojen perämoottorien huonolle käynnistymiselle. Magneetit on useimmiten asennettu koneeseen siten, että niitä ei voi vaihtaa,



Kuva 2.25. Vaihtovirtalaturin sähköinen kytkentä.

mutta periaatteessa ne voidaan magnetisoida uudestaan. Koska iäkkäissä perämoottoreissa vauhtipyörägeneraattori tuottaa vaihtovirtaa, pitää se tasasuunnata ennen akkuun liittämistä. Useimmiten tasasuuntaaja on jo rakennettu moottorin yhteyteen, mutta joskus voidaan tarvita vielä erillistä tasasuuntaajaa.

Nykyaikaisissa perämoottoreissa on tehokkaat laturit, koska muun muassa polttoaineen suihkutuksen on sähköisesti ohjattua, ja joissain on jopa sähköisellä tehokkuudella varustettu ohjauskin. Näissä tapauksissa asennus ja kytkennät on rinnastettavissa keskimoottorillisiin veneisiin.

Aurinkopaneelit

Aurinkopaneelit antavat melko pientä virtaa. Paneeli, jonka tehoksi on merkitty 60 W, ei anna suorassa aurin-gonpaisteessa kuin pari ampeeria ja pienikin varjo pudottaa tehoa huomattavasti. Aurinkopaneelit eivät siis ratkaise veneenkäytön virtaongelmia, mutta niistä on akkujen ylläpidon kannalta merkittävää etua.

Aurinkopaneelien jännite on säädetty suureksi, joten se vähäinen virta mikä niistä saadaan, tulee tehokkaasti ohjatuksi akkuihin.

Pilvisellä säällä paneelin virta hoitaa akkujen itsepurkauksen. Akut, jotka ovat kiinni aurinkopaneelissa, eivät siten sulfatoidu helposti.

Kun vene on kiinnitettyä laituriin ilman kulutusta, aurinkopaneelit huolehtivat akkujen latauksesta seuraavaa matkaa varten. Aurinkopaneelit lisäävät akkujen elinikää monella vuodella.

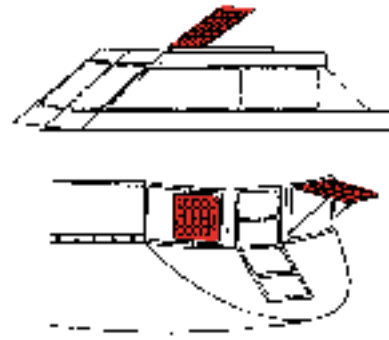
Aurinkopaneelien asennus

Huviveneessä, jossa aurinkopaneelin pitää huolehtia vain ylläpitolatauksesta, tarvitaan yksi keskikokoinen paneeli.

Venikäyttöön varustetut paneelit voi asentaa esim. kannelle ja ne kestävät muun muassa päälle astumisen. Paneelit kannattaa varustaa säätimellä. Jos maasähköön kytketty akkulaturi saa ladattua akut täyteen, aurinkopaneelin säädin estää akun ylläpitämisen, kun vene on pitkään ilman kulutusta. Säädin sisältää lisäksi diodin, joka estää latauksen purkautumisen pimeässä. Mikäli säätimessä on vain yksi kytkentäpaikka paneelille, tulee varmistaa että kussakin paneelissa on diodi. Tämä estää sen, ettei varjossa oleva paneeli syö auringossa olevan tuottoa.

Tärkeintä paneelien asennuksessa on varmistaa paneelin oikea kulma aurinkoon nähden (noin 60 astetta), sekä se, etteivät veneen rakenteet aiheuta paneelille varjoja.

Paneelin teho on suurimmillaan, kun se on kohtisuoraan aurinkoon. Litteä paneeli kannella tai ohjaamon katolla on edullista ripustaa siten, että se voidaan nostaa pystyyn veneestä lähettäessä. Hyvä nyrkkisääntö on suunnata paneeli kohti etelää.



Kuva 2.26. Purjeverneessä voi paneeli olla ripustettu yläreunastaan. Ripustuksen avulla paneeli voidaan kääntää aurinkoon päin. Kun vene on laiturissa, paneeli käännetään oikeaan kulmaan aurinkoa kohti. Moottoriveneessä hyvä paikka paneelille on kajuutan katto.

Tuuligeneraattori

Valtameripurjehtijat turvautuvat usein tuuligeneraattoriin. Venekäyttöön sopivat parhaiten nimellisjännitteeltään 12 V generaattorit, joiden maksimiteho on 30 - 100 W eli 3 - 8 A.

Tuulen pitää olla melko voimakas, jotta tuuligeneraattorista on hyötyä. Vasta yli 5 m/s tuulella saadaan 100 W nimellistehtoisesta generaattorista yli 1 A, ja 35 W -generaattorista 0,5 A. Kovassa 15 m/s tuulella saadaan vastaavasti 6 A tai 2 A. Maksimiteho vaatii huomattavasti tuulta.

Tuuligeneraattorin hyvä puoli on, että se lataa niin kauan kun tuulee, ja energiaa on saatavilla myös yöllä.

Tuuligeneraattori pitää asentaa paikkaan, jossa siivet eivät voi vahingoittaa ketään. Se tulee aina kytkeä akkuihin säätimen kanssa.

Laahus-, potkuri- ja perälautageneraattori

Laahusgeneraattori on pitkiä purjehduksia tekevän purjehtijan apuväline. Veneen perässä vedetään köyteen kiinnitettyä potkuria. Veden virtaus saa sen pyörimään ja siirtämään energiaa pyörivän hinausköyden välityksellä veneen perään kiinnitettyyn generaattoriin. Laahusgeneraattorista saadaan harvoin enempää kuin 1 - 2 A, ja silloinkin pitää veneen kulkea vähintään 6 solmua. Sähköä syntyy niin kauan kun vene liikkuu, mutta veneen nopeus toki jonkin verran hidastuu. Laahusköysi/potkuri -yhdistelmän nostaminen vedestä kulussa on tehtävä harkiten, koska vedenvirtaus pyrkii pyörittämään potkuria.

Yksi vaihtoehtoinen tapa on asentaa potkuriakseliin kiilahihna ja antaa tämän pyörittää pientä generaattoria. Pyörivä potkuri antaa vähintään pari ampeeria potkurin koosta riippumatta. Joidenkin moottorien vaihdelaatikot eivät kuitenkaan siedä kaiken aikaa pyörivää potkuria. Tämä ratkaisu myös hidastaa veneen kulkua.

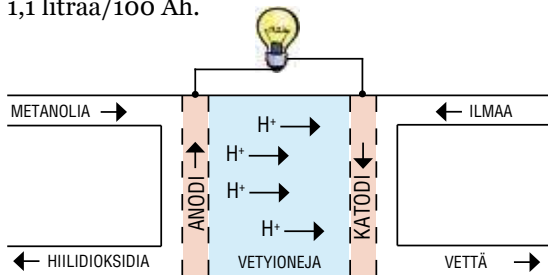
Perälautageneraattori rakentuu veden alle menevästä hydrodynaamisesta varresta, jonka alapäässä on generaattori. Generaattorin akselille on kiinnitetty potkuri. Tämä kokonaisuus kiinnitetään telineellä perälautaan ja voidaan kipata ylös, kun sitä ei käytetä. Generaattorista sähkö johdetaan säätöyksikölle ja edelleen akuille.

Perälautageneraattoreita on 300 - 600 W teholuokissa ja ne pystyvät tuottamaan 5 solmun nopeudella 8 A latausvirran. Potkurin halkaisija pitää valita veneen ja sen käyttöalueelle saavutettavan vallitsevan nopeuden mukaan. Optimaalisissa olosuhteissa suurilla nopeuksilla voidaan saavuttaa useamman kymmenen ampeerin latausvirtoja.

Polttokenno

Pienet metanolikäyttöiset polttokennot tuottavat sähköä sekä kulussa että satamassa.

Polttokenno on sähkökemiallinen laite, joka muuntaa polttoaineen ja hapettimen kemiallisen energian sähköksi ja lämmöksi ilman palamista. Metanolipolttokennojen etuna on ympäristöystävällisyys, sillä kennot tuottavat sähköä, lämmön ja vesihöyryn lisäksi hyvin vähän hiilidioksidia. Veneisiin tarkoitetut polttokennot toimivat automaattisesti tuottaen akkujen tarvitseman latausjännitteen. Polttokennojen maksimivirta (3 - 9 A) ei riitä kovin suureen kulutukseen. Parhaiten polttokenno täydentää veneen sähköntarvetta, kun se pidetään veneillä jatkuvasti päällä, ja annetaan automatiikan huolehtia sen toiminnasta. Tyypillisesti metanolia kuluu 1,1 litraa/100 Ah.



Kuva 2.27. Metanolipolttokennon toimintaperiaate.

2.7 Latauksen jakolaitteet

Varustelluissa veneissä on useita akkupiirejä: muun muassa käynnistysakku, varusteakku ja keulapotkurin akku. Kaikkien näiden tarkoituksenmukaista latausta ja virran ulosottoa pitää pystyä hallitsemaan, niin ettei esim. käynnistysakku tyhjene päällä olevien sähkölaitteiden takia. Järjestelmä voidaan toteuttaa monin tavoin: jakodiodilla, erotus- ja päävirtakytkimellä tai jänniteohjatulla latausreleellä. Valitaanpa mikä tahansa näistä vaihtoehdoista, tulee laitteen kestää latausvirran maksimi.

Jakodiodit ja älykäs jakodiodi

Sekä jakodiodin että älykkään diodin käyttö edellyttää muutoksia koneen johtosarjaan.

Diodi on sähköinen takaiskuventtiili. Kun se sijoitetaan akkujen latauspiiriin, voi virta kulkea vain yhteen suuntaan: kuvan 2.28. tapauksessa akkuihin päin.

Diodipaketti muodostuu usein kahdesta diodista; yksi käynnistysakun ja toinen käyttöakkujen latauskaapeliin. Tällöin kumpikaan ei voi tyhjentää toista. Diodit aiheuttavat kuitenkin jännitteen aleneman. Kynnysjännite on tyypillisesti 0,5 - 1 V. Jotta akut saadaan ladattua täyteen, tämä tulee kompensoida.

Mikäli kompensointia ei voida tehdä, on järkevää hankkia ns. älykäs jakodiodi eli jänniteohjattu MOS-FET-tekniikkaan perustuva elektroninen kytkin. Se kytkee latauksen ensin ns. primääripiiriin, ja kun jännite ylittää kynnysarvon, kytkee se toisen akkupiiriin mukaan. Tyypillisesti näissä on mahdollisuus useiden akkupiirien liittämiseen.

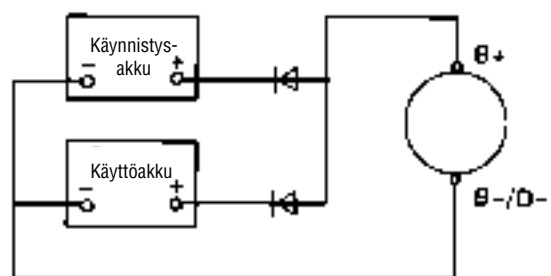
Uudemmissa CAN-väylällä varustetuissa moottoreissa tulee kaikki kytkennät tarkistaa moottorien teknisistä tiedoista.

Erotus- ja päävirtakytkin

Erotus- tai päävirtakytkimen käyttö on yleinen ratkaisu kaksipiirijärjestelmän toteuttamiseen. Sillä voidaan hallita starttiakun ja käyttöakun latausta ja käyttöä.

On tärkeää käyttää kytkintä oikein, jotta varmistetaan akkujen latautuminen toivotulla tavalla, eikä tule vahingossa tyhjentäneeksi akkuja.

Moottoria käynnistettäessä valitaan käyttöön se akku (2), joka on tarkoitettu käynnistysakuksi ja annetaan koneen ladata akkua jonkin aikaa (katso kuva 2.29). Kun tämän akun jännite on noussut riittävän korkeaksi, käännetään kytkin joko käyttöakku-asentoon (1) tai asentoon "molemmat" (1+2/Both/All), jotta käyttöakku latautuisi. Kytkin keskiasennossa molemmat piirit ovat mukana samanaikaisesti. Tämä asento on myös tarpeen generaattorissa olevien diodien suojaamiseksi siten, että



Kuva 2.28. Kaksipiirilataus: diodi kummassakin piirissä estää sen, ettei toinen voi tyhjentää toista. Diodit aiheuttavat jännitteen alenemaa.



Kuva 2.29. Erotus/pääkytkin tulee sijoittaa mahdollisimman lähelle akkuja.



Kuva 2.31. Jänniteohjattu erotusrele.

generaattori on yhteydessä ainakin yhteen akkuun kytkintä käännettäessä.

Rantaan saavuttaessa tai purjehdittaessa valitaan kytkimestä asento, jossa vain käyttöakku on kytkettynä järjestelmään. Näin varmistetaan koneen käynnistyminen. Veneestä poistuttaessa valitaan OFF-asento.

Erotus- ja päävirtakytkimen käyttö kaksipiirijärjestelmässä helpottuu, jos järjestelmään on asennettu merkivalot kertomaan, mikä akkupiiri on käytössä.

HUOM 1. Moottori tulee aina pysäyttää ennen OFF-asentoon kääntämistä. Ilman kuormaa laturin jännitepiikki saattaa rikkoa säätimen.

HUOM 2. Asennoissa 1, 2 ja 1+2 on moottori aina myös virroitettuna!

Jänniteohjattu erotusrele tai MOS-FET-tekniikkaan perustuva erotin

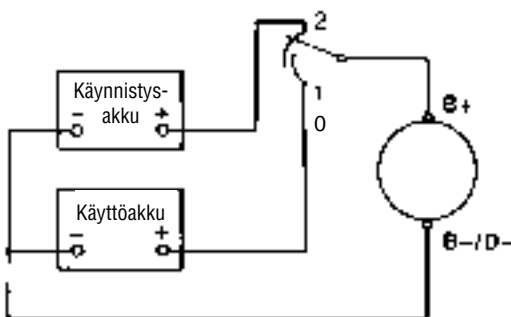
Toiminnallisesti kumpikin toimii alla kuvatulla tavalla. MOS-FET-erotin perustuu puolijohdetekniikkaan eikä siinä ole liikkuvia osia.

Jos veneessä on käytössä kaksi erillistä pääkytkintä, on näiden piirien erotus ja lataus helpointa toteuttaa jänniteohjatulla erotusreleellä (kuva 2.32.). Erotusrele laitetaan akunpiirien plusnapojen väliin ja releen miinusjohto liitetään miinusnapaan. Releiden ohjeissa kerrotaan, kumpi releen navoista tulee startti- ja kumpi käyttöakun plusnapaan. Kun kone käynnistetään, lataa laturi ensin starttiakkuja, kunnes se saavuttaa yli 14 V jännitteen. Tällöin rele ”vetää” ja liittää käyttöakun samaan piiriin. Nyt laturi lataa molempia akkuja.

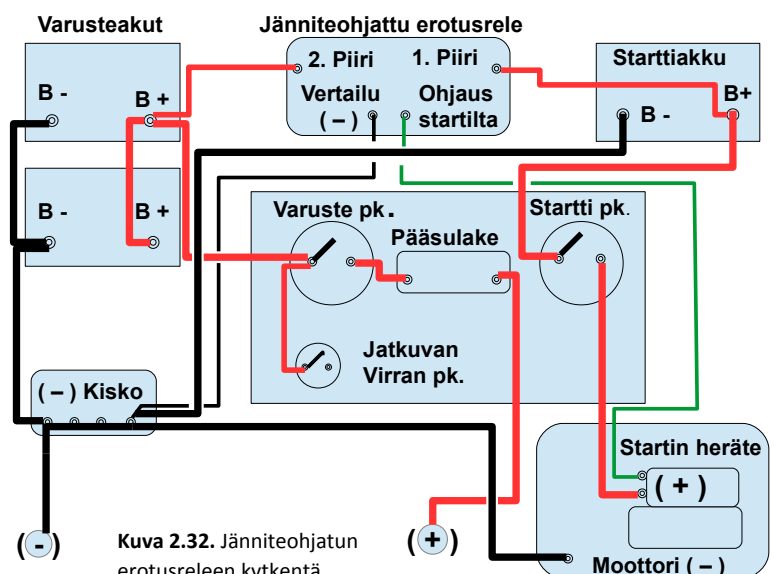
Kun moottori sammutetaan, rele sallii molempien akkujen käytön, kunnes jännite laskee noin 13 volttiin, jolloin rele erottaa akut toisistaan. Useimmissa releissä on lisäksi ohjausliitäntä starttimootorin herätevirralle. Kun konetta käynnistetään, rele katkaisee yhteyden startti- ja varustepuolen välillä, jolloin suuri starttivirta ei vaurioita relettä.

Jos jänniteohjattu rele sijoitetaan akkujen läheisyyteen, voidaan akkujen välinen yhdyskaapeli pitää lyhyenä. Tällöin ei synny jännitehäviöitä.

Jänniteohjatulla releellä voi myös valvoa esimerkiksi keulapotkurin akun latausta ja latauksen katkaisua, silloin kun keulapotkuria käytetään. (Katso lisää asennusvinkkejä kuva 5.24 sivulla 52).



Kuva 2.30. Erotuskytkin kahden piirin välillä. Kaksipiirijärjestelmän toteutuksen edellytyksenä on, että ymmärretään mitä tapahtuu sekä kulutuksen että latauksen aikana.



Kuva 2.32. Jänniteohjatun erotusreleen kytkentä.

2.8 12/24 V DC-tasavirtajärjestelmän muita komponentteja

Pääkytkinjärjestelmät

Veneen kaikki akkupiirit tulee varustaa pääkytkimellä, jotta vene saadaan virrattomaksi nopeasti ilman työkaluja. Mikäli veneessä on varusteita, jotka halutaan pitää toiminnassa vaikka vene muuten olisi virraton, on tällainen piiri myös syytä varustaa omalla erillisellä kytkimellään. Kytkimenä voi olla johdotuksen lähtöpäässä laukaistava automaattisulake. Tällaisia laitteita voivat olla esimerkiksi automaattinen pilssipumppu, varashälytin tai lämmityslaite.

On syytä huomata, että myös keulapotkurin ja/tai ankkurivinnin erillisestä akusta oleva virransyöttö pitää saada katkaistuksi.

Pääkytkinten sijoitus määrää kuinka hyvin suojattu (IP-luokka) sen tulisi olla. Avoveneen takapenkin etuseinässä oleva pääkytkin vaatii erilaisen koteloinnin kuin hytillisen veneen suojatussa kajuutassa. Jos akkujen ja pääkytkinten etäisyys kasvaa, kannattaa harkita sähköisesti ohjattavia pääkytkimiä: näin vältetään turhan pitkiä kaapeleita.

Päävarokkeet

Johtimet, jotka vievät pääkytkimiltä sähkön esimerkiksi kytkinpaneelille, tulisi varustaa lähtöpäässä päävarokkeilla. Näin johdon rikkoutuminen ei aiheuta oikosulua ja siten esimerkiksi tulipaloa. Varokkeet voivat olla vaihdettavia tai automaattisia.

Johtimet

Veneessä tulisi käyttää monisäikeisiä esitinattuja johtimia. Pakisuus tulee valita johdon pituuden ja tarvittavan virrankeston mukaan. Asennusvinkkejä -osiossa, sivulla 47, on kaavio, josta selviää johdinten paksuuden määrittäminen.



Kuva 2.33. Veneen pääkytkinjärjestelmä.



Kuva 2.34. Veneessä tulee käyttää esitinattuja johtoja (oikealla) ja välttää paljaiden johtimien (vasemmalla) käyttöä.

PVC, polyeteeni ja öljynkestävä kumi ovat hyviä vaihtoehtoja johdinten materiaaliksi. PVC ei kestä polttoaineita ja kovettuu varsin helposti.

Johtimet toimivat myös tehokkaina kapillaarikanavina kosteudelle, joten ne tuleekin suojata mahdollisuuksien mukaan. Esimerkiksi talvella, kun masto on vaakatasossa ja toinen johtimen pää osuu veteen, voivat maston kaapelit imeä helposti veden päästä päähän.

SFS-EN ISO 101133 2017 -standardin mukaan tasavirta-puolella tulisi käyttää (+)-johtona esim. punaista ja (-)-johtona keltaista tai mustaa. (+)-johtimena voi käyttää myös muita värejä, muttei mustaa, keltaista, sinistä tai ruskeaa. Mikäli vaihtovirtajärjestelmän (AC) johtimet ovat näkyvissä, mustaa ei tulisi käyttää myöskään (-)-johtimena.

Epäselvyyden välttämiseksi on hyvä merkitä johtimet kummastakin päästä.

Varokkeet, kytkimet ja liitokset

Kaikkiin johtoihin tulee laittaa varoke lähtöpäähän, jolloin ko. johdin on suojattu oikosulun varalta. Varokkeen arvo määräytyy joko

- johtimen virrankeston mukaan:
10 A/1,5 mm² (esim. valaisimille)
- laitteen virrankeston mukaan: jos laite kestää vähemmän, tulee varoke valita sen mukaan.

Varokkeet voivat olla joko automaattisia tai vaihdettavia. Ne kannattaa keskittää yhteen paikkaan. Näin vältetään turhia liitoksia ja piilovarokkeita. Kytkinten tulee kestää se virta, joka niiden läpi kulkee.

Sekä varokkeiden että kytkinten valinnassa on tärkeää huomioida soveltuvuus sijoituspaikkaan: ulkona vaaditaan parempaa suojausta (IP-luokka) kuin sisällä.

Kaikki johtoliitokset tulisi tehdä puristusliitoksilla, eikä juottamista tulisi käyttää. Juotos hapettuu herkästi ja juotoksen päähän muodostuu murtumakohta. Oppaan osiossa ”Johtimet, liitokset ja niiden asennus” sivulla 47 kerrotaan tarkemmin valintaan ja asentamiseen liittyvistä asioista.

2.9 12/24 V DC-tasavirta-järjestelmän laitteita

Tänä päivänä merkittävä osa kulutus- ja elektroniikkalaitteista toimii laajalla jännitealueella; 9 - 30 V DC. Tämä helpottaa laitevalintaa ja asennusta. Varjopuolena on se, että alhainen käyttöjännite sallii laitteiden käyttämisen vaikka akkujen varaustila saattaa olla laskenut varsin alhaiseksi. Katso Virrantuoton venyvyys sivu 17.

Tyypillisiä kulutuslaitteita ovat valaisimet, pumput, kylmäkone, lämmityslaite ja navigointilaitteet. Vaikka autokäyttöön suunnitellut varusteet ja laitteet sopivat sähköisesti veneeseen, kannattaa huomioida niiden valmistusmateriaalit ja konstruktio. Autokäyttö ei edellytä samoja kosteus- ja suolansietovaatimuksia kuin vene.

Elektroniikkalaitteet

Elektroniikan yleistymisen ja uusien veneen käyttöä ja navigointia helpottavien laitteiden nopea kehitys on johtanut siihen, että yhä useammassa veneessä on lukuisia määriä elektroniikkalaitteita. Laitteita voidaan yhä useammin integroida toisiinsa ja ne muodostavat usein melko monimutkaisia ja herkkiä kokonaisuuksia, joiden toiminnan luotettavuuden varmistaminen on turvallisuudenkin takia tärkeää. Katso Tiedonsiirtoväylät sivu 55.

Useimmat veneisiin tarkoitetut uudet elektroniset laitteet ovat vahvarakenteisia ja erittäin hyvin kosteudelta suojattuja. Monet ovat myös hermeettisesti suljettuja ja täytetty inertiaakaasulla, yleensä tyypellä. Tämä ehkäisee korroosion, niin kauan kuin laitteet ovat tiiviitä ja kaasu pysyy niissä sisällä.

Mikäli laitteiden kotelo vaurioituu mekaanisesti ei laite ole enää vesitiivis. Ulkotiloissa on syytä huomioida mekaaninen suojaus.

Laitteet, jotka on tarkoitettu käytettäväksi ulkotiloissa, on kuitenkin suojattava mahdollisimman hyvin veden roiskeilta ja auringonvalolta. Kylmä vesisuihku auringon lämmittämälle laitteelle jäädyttää sen sisällä olevan ilman tai kaasun. Syntynyt alipaine voi aiheuttaa veden pääsyn laitteeseen.

Suuret instrumentit, kuten tutkan näyttö ja karttaplotteri, ovat harvoin täysin vesitiiviitä, mutta usein roiske-suojattuja. Kun esimerkiksi laitetaan muistikorttia karttaplotteriin, tulee varoa, ettei vesi pääse kortinlukijaan.

2.10 Antennit ja tietoliikenneverkot

Antennit

Veneissä käytetään moniin eri tarkoituksiin langatonta tiedonsiirtoa. Nämä yhteydet vaativat joko oman tai

yhdistelmäantennin. Tyypillisiä yhteyksiä ovat; VHF-, SSB- ja GSM-puhelimet/dataliikenne, AIS -lähetin/vas-taanotin, FM-radio ja TV.

Kaikissa antenneissa on ns. maataso; joko galvaaninen tai sähköinen. Veneissä on käytetty paljon alun perin autokäyttöön suunniteltua laajakaista-antennia, johon jakajan avulla voidaan liittää VHF, FM-radio tai GSM -puhelin. Koska antenni on suunniteltu autokäyttöön, se edellyttää, että maataso muodostetaan metallisesta kiinnityspinnasta. Autossa asialla ei ole merkitystä, koska auton runko on joka tapauksessa sama kuin akun miinus (-).

Rakenteellisista syistä johtuen, monissa veneantenneissa on metallinen kiinnitysalku, johon myös antennijohdon metalliverkko liittyy galvaanisesti liittimen kautta. Antennikaapelin metallinen vaippa kytkee näissä tapauksissa akun miinuksen esim. mastoon.

Venekäyttöön on saatavilla myös antenneja, joissa mekaaninen kiinnitys ei ole galvaanisessa yhteydessä antennikaapelin liittimeen. Tällöin akun miinus ei kytkeydy esim. mastoon.

Oppaan Asennusvinkkejä-osiosta löydät lisää tietoa antennien asennuksesta (Maadoitus ja antennit s. 55).

Tietoliikenneverkot

Tietoliikenneverkoilla veneessä tarkoitetaan:

- CAN-väylää moottorissa ja veneen sähköjärjestelmän hallinnassa
- Navigointilaitteiden tietoliikenneverkkoja
- NMEA0183 tiedonsiirtoa
- merkkikohtaisia tiedonsiirtoverkkoja esim. SeaTalk, Simnet
- NMEA2000 tiedonsiirtoa
- Ethernet-verkkoja
- Langatonta tiedonsiirtoa, WiFi/LAN.

CAN-väylät

Uudemmissa moottoreissa on jo jonkin aikaa käytetty CAN-väylää moottorin hallintaan ja esimerkiksi mitta-



Kuva 2.35. Vasemmalla oleva antenni on ns. eristetty antenni, muut eristämättömiä.

ritietojen siirtämiseen. Väylissä liikkuva tieto on merkikokoista ja sen saaminen näkyviin karttaplotterilla vaatii sovintyüksikön, joka muuttaa tiedon sopivaan muotoon.

Isoissa veneissä on jo toteutettu myös veneen varusteiden sähköjärjestelmiä CAN-väylällä ohjattavaksi. Myös nämä järjestelmät ovat kokonaisvaltaisia kokonaisuuksia ja sitouttavat tiettyjen hyväksytyjen laitemerkkien käyttämiseen.

Tämä on tarkoituksenmukaista, koska jonkin virheelisen/sopimattoman laitteen liittäminen saattaa sotkea koko järjestelmän.

Näistä järjestelmistä kerrotaan tarkemmin osiossa Äly-sähkö/väyläsähkö -järjestelmä.

NMEA0183

Järjestelmä on ollut käytössä jo 1980-luvulta lähtien. Se oli ensimmäinen jossain määrin kaikkien hyödyntämä tiedonsiirtomuoto, joskin kaikkia tietoja ei aina lueta tai lähetetä. Verkon tiedonsiirtonopeus on yleensä 4,8 kilobittia sekunnissa.

Järjestelmään on saatavissa protokollamuuntimia (esimerkiksi NMEA183/NMEA2000 tai SeaTalk1), mutta tiedonsiirto täysin kattavasti ei välttämättä onnistu. Kytkenään osalta katso Asennusvinkkejä sivu 56.

Merkkikohtaiset verkot

Merkkikohtaiset verkot voivat olla sovellutuksia NMEA0183:sta tai siitä täysin poikkeavia. Hyvä esimerkki on SeaTalk1, joka muodostuu kolmesta johtimesta:

- punainen on + 12 V DC = virransyöttö
esim. mittarinäytöille
- vaippa -12 V DC sekä data COM -
- keltainen data +

Data + ja - parissa tietoliikenne on kaksisuuntaista ja samaa dataa käyttäviä laitteita voi olla useita.

Rajoittavana tekijänä on etäisyys ja samalla linjalla olevien laitteiden kokonaisvirrankulutus.

Tärkeää on varmistaa, että virransyöttö ei kulje väärää kautta. Järjestelmän tiedonsiirtonopeus on 4,8 kilobittia sekunnissa.

NMEA2000

Järjestelmä on luotu, jotta eri valmistajien laitteita voidaan liittää toisiinsa vapaasti.

Se perustuu ajoneuvoissa ja tehdasympäristössä (DeviceNet, CANopen) käytettyyn CAN-väylästandardiin (Controller Area Network ISO 11898). Tiedonsiirtonopeus on 250 kilobittia sekunnissa.

Standardin mukaan myös kaikkien liittimien tulisi olla standardoituja, mutta tämä ei ole käytännössä täysin toteutunut. Jotkut valmistajat käyttävät omilla laitteissaan omia nimityksiä (esimerkiksi NG ja Simnet).

Järjestelmä koostuu:

- NMEA2000 yhteensopivista laitteista
- runkokaapeli (Backbone); max. pituus 200 m (Micro 100 m)
- haarakaapecti (Drop); max. pituus 6 m
- virransyöttökaapeli
- T-haarat ja haaroitusrimat
- protokollanmuuntajat (interface – rimat, - rasiat)
- päätevastukset.

Järjestelmän rakentamisen periaatteista voit lukea Asennusvinkkejä-osiossa sivu 56.

Ethernet

Kaikki yllä kuvatut tiedonsiirtoverkot soveltuvat hyvin numeerisen datan siirtoon, mutta kuvan siirtoon siirtonopeudet eivät riitä. Kun veneisiin alkoi tulla useita plottereita, joihin kaikkiin haluttiin näkyville tutka ja kaiku, otettiin käyttöön merkkikohtainen ethernetiin perustuva tiedonsiirto. Toisaalta esim. tutkan kaapeli tuli yksinkertaisemmaksi, kun tutkadata prosessoidaan itse antennissa ja lähetetään valmiina digitaalisessa muodossa Ethernet-kaapelia pitkin näyttölaitteille.

Kun Ethernet-järjestelmään liitetään useita sitä hyödyntäviä laitteita, tarvitaan HUB, reititin tai vastaava hallitsemaan liitäntää. Näytöissä saattaa olla jo valmiina useita Ethernet-portteja, jotka korvaavat erillisen kytkimen. Tiedonsiirtonopeus vaihtelee järjestelmästä riippuen 10 - 1000 Megabitin välillä.

Käsiteltävän tietomäärän jatkuvasti lisääntyessä on kehitteillä vaihtoehtoisia Ethernet-pohjaisia tiedonsiirtoalustoja. Nämä hyödyntävät NMEA2000 ja NMEA0183 dataa.

NMEA One-Net on NMEA-organisaatiossa kehitteillä oleva alusta, jossa kaikkien siihen hyväksytyjen laitteiden tulee olla sertifioituja. Kaikki merkittävät laitevalmistajat ovat mukana kehitystyössä. Tavoitteena on mahdollisuus siirtää sekä dataa että kuvaa laitteelta toiselle valmistajasta riippumatta.

Signal K on avoimeen lähdekoodiin perustuva alusta, jossa voidaan siirtää NMEA2000 ja 0183-verkosta saatava data käytettäväksi eri sovelluksissa. Järjestelmään on nyt saatavissa ensimmäinen laite, jolla data voidaan siirtää reitittimelle ja siitä edelleen esim. pilvipalveluun. Datan katseluun on saatavilla sekä ilmaisia että kaupallisia sovelluksia.

Langaton tiedonsiirto, wifi ja LAN

Langatonta tiedonsiirtoa veneessä on käytetty mm. tuulianturissa, VHF:n ulkomonofonissa ja autopilotin kaukohallinnassa. Näissä tiedonsiirto on toteutettu muun muassa radiotaajuuksia tai Bluetooth-yhteyttä hyödyntäen.

Kun langattomasti siirretään suurempia tietomääriä – tutkakuvaa, karttakuvaa – tai kun ollaan yhteydessä

mobiililaitteisiin – tabletti, puhelin tms. – muodostetaan veneeseen wifi-verkko. Nämä verkot ovat yleensä merkikohtaisia ratkaisuja. Veneen wifi-verkko voidaan myös liittää esim. venesataman wifi-verkkoon. Tätä yhteyttä voidaan sitten käyttää vaikka päivittämään karttaplotterin karttoja, hakemaan säätietoja jne. On syytä muistaa ja tiedostaa tällaisiin järjestelmiin liittyvät tietoturvariskit, kun veneen kaikki järjestelmät ovat yhteydessä verkkoon avoimen wifi-verkon kautta.

Äly sähkö-järjestelmä

Tällä tarkoitetaan veneen varusteiden käyttöön tehtyä CAN-väylän tapaista järjestelmää.

Järjestelmän keskeisiä komponentteja ovat:

- runkoverkko
- virransyöttö laitekytkimille
- laitekytkimet
- verkon ohjauslaitteet
- pakko-ohjaus
- muut liitännät

Runkoverkko muodostuu laitevalmistajan päättämästä rakenteesta ja voi periaatteessa muistuttaa NMEA2000-verkkoa T-haaroineen ja päätevastuksineen.

Verkossa oleville laitekytkimille viedään syöttöjännite, jonka varsinaiset toimilaitteet tarvitsevat toimiakseen. Laitevarokkeet on usein sijoitettu laitekytkinten yhteyteen.

Laitekytkimiltä käyttöjännite jaetaan itse toimilaitteille esim. lampuille, pumpuille, jne.

Verkon ohjauslaitteina voivat valmistajasta riippuen olla esimerkiksi karttaplotteri, akunvalvontamittari tms., joissa on virtuaalikytkimet.

Tunnettujen valmistajien järjestelmissä on lisäksi ns. pakko-ohjaus-toiminto.

Mikäli verkon ohjauslaite tai -laitteet vaurioituisivat, runkoverkko vaurioituisi tai verkon ohjelma vikaantuisi, ei laitteita voisi enää hallita. Tästä syystä laitekytkimillä on pakko-ohjaus, jolla itse laitteet voidaan käynnistää tai sammuttaa. Laitevalmistajasta riippuen on eroja toteutustavassa. Oleellista on, että turvallisuuden kannalta keskeisten laitteiden hallinnassa on pakko-ohjaus-toiminto.

Järjestelmässä voi olla myös muita komponentteja:

- etäohjattu päävirtakytkin
- tankkien määrämittaus
- lämpötilan mittaus
- akkulaturin hallinta ja seuranta

Sähköiset propulsio-järjestelmät

Osiassa kerrotaan sähköisen voimansiirtoon liittyvistä käsitteistä; käyttöjännite (V), virta (A), toiminta-aika.

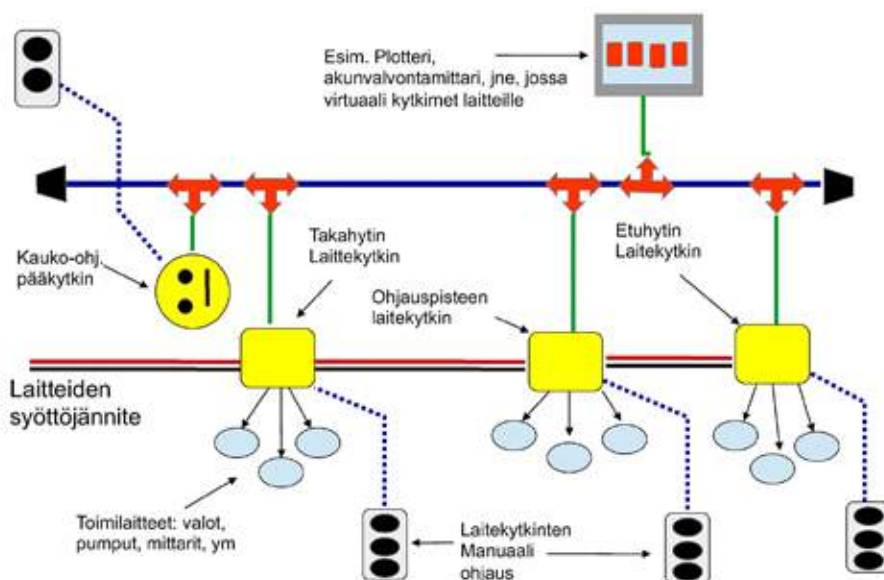
Akuston jännite sähköisissä keula- ja perämootoreissa vaihtelee tehosta riippuen 12 - 48V DC välillä.

Sähköperä- ja keulamootoreille ilmoitetaan usein vain moottorin työntövoima (lb).

Oleellinen tieto akun valinnan kannalta on joko moottorin sähköteho ($W = V \times A$) tai virrankulutus (A) maksimiteholla sekä käyttöjännite (V). Virrankulutus (A) saadaan jakamalla sähköteho (W) käyttöjännitteellä (V); esim. $2160 \text{ W} / 36 \text{ V} = 60 \text{ A}$. Samainen moottori 24 V jännitteellä antaa $60 \text{ A} \times 24 \text{ V} = 1440 \text{ W}$ tehoa.

Mikäli moottorille ei ilmoiteta maksimivirtaa tai -tehoa, antaa moottorin virransyöttölinjaan suositellun sulakeen arvo viitteen moottorin maksimivirrasta.

Akun jatkuvan virransyötön arvo tulee olla vähintään moottorin maksimivirran suuruinen, mikäli moottorilla halutaan ajaa pidempään suurella teholla. Samoin akun ja moottorin väliin asennettavan automaattisulakkeen jatkuvan keston arvo pitää olla tämän suuruinen.



Kuva 2.36. Väyläohjattu järjestelmä / manuaali-ohjaus.

Tarvittavan akkukapasiteetin laskennassa on tarpeen tieto käytettävästä tehosta ja halutusta käyttöajasta. Jos käytössä on perämoottori, jolla ajetaan paikasta toiseen, on helppo arvioida miten pitkään moottori käy.

Jos käytössä on keulamoottori, voidaan sitä käyttää myös siirtymiseen paikasta toiseen tai vain pitämään venettä paikallaan. Ensimmäisessä vaihtoehdossa moottori käy huomattavan pitkiä aikoja suuremmalla teholla ja toisessa vastaavasti vain hetkittäin. Tarkastelu olettaa, ettei keli ole erityisen haastava.

Esimerkkilaskelma perämoottorille ja keulamoottorille, jolla siirrytään paikasta toiseen.

- moottorin max. teho 1200 W josta käytetään keskimäärin 50 % tehoa = 600 W
- tavoiteltu käyttöaika 3 tuntia x 600 W = 1800 Wh / käyttöjännite 12 V = 150 Ah

Erityyppisillä akuilla käytettävissä oleva kapasiteetti on: AGM-akku 50 %, ja litiumioniakku 90 %. Esimerkin kummassakin tapauksessa akusto muodostuisi 2 kpl akkuja; AGM-akkuja yhteensä 2 x 150 Ah = 300 Ah ja litiumioniakkuja 2 x 90 Ah = 180 Ah.

Mikäli keulamoottori ainoastaan pitää paikallaan, voidaan akkukapasiteetti todennäköisesti puolittaa.

Akkua tai akustoa olisi hyvä ladata kokonaisuutena, 24 V järjestelmä 24 V laturilla. Tällöin akuston eri akut latautuvat tasaisesti. Tämä on erityisen tärkeää litiumioniakkuja käytettäessä. Litiumioniakkuja valmistetaan erilaisista kennoista, ja tästä johtuen nimellis- ja latausjännite saattavat vaihdella merkittävästi. Akkulaaturissa latausohjelman tulee olla oikea ko. akkutyypille. Litiumioniakut ovat erityisen arkoja väärälle lataukselle; väärä latausohjelma on sekä vaarallista että voi kerrasta tuhota akun. Muita vinkkejä löydät Asennusvinkkejä ja vianetsintä/NMEA2000-verkko -osioista sivu 56.

Suuremmissa sähköisissä propulsiojärjestelmissä, tehot kasvavat huomattavasti, joten myös akuston kapasiteetti kasvaa. Akuston kokoon vaikuttaa oleellisesti haluttu käyttöaika.

Esim. moottorin teho 5200 W, akusto 9200 Wh

- täydellä teholla ajoaika $9200 \text{ Wh} / 5200 \text{ W} = 1,7 \text{ h}$;
- 50 % teholla 3,4 h
- litiumioniakusto olisi tässä tapauksessa noin 220 Ah 48 V jännitteellä, 90 % käyttökapasiteetilla

Suurissa järjestelmissä merkittäväksi muodostuu akuista tarvittava suuri teho, jolloin akkujen lämpötilan valvonta ja hallinta on kriittistä. Tämän takia akusto saatetaan varustaa nestekiertoisella jäähdytyksellä. Toisaalta suurilla tehoilla järjestelmän jännitettä voidaan nostaa, jotta tarvittava virta ei kasva turhan suureksi.

Joissakin järjestelmissä säätöelektronikassa oleva invertteri muuntaa tasasähkön esim. 220 V AC vaihtosähköksi, joka on sähkömoottorin käyttöjännite.

Purjehdittaessa moottori saattaa muuttua akkuja lataavaksi generaattoriksi, jota potkuri pyörittää. Veneen vauhti hieman kärsii, mutta toisaalta akkuja saadaan ladattua jonkin verran.

Suurten propulsiojärjestelmien akkujen lataaminen nopeasti on useissa venesatamissa haasteellista syöttölinjan suuren virrantarpeen takia:

- 12 V akkulaturi max. 100 A vaatii 8,5A sulakkeen
- 24 V akkulaturi max. 100 A vaatii 16A sulakkeen
- 48 V akkulaturi max. 50 A vaatii 16 A sulakkeen
- Suurin virransyöttö 1-vaihepistorasiassa (suko tai CEE) – on 16A.

3. Veneen 230 V AC-järjestelmä

Tässä osiossa käsitellään 230 V AC-järjestelmään (maasähköjärjestelmä) liittyviä asioita.

Sähköisku

Veneen 230 V AC-järjestelmään liittyy sähköiskun vaaraa. Jännitelähteenä voivat olla maasähkö, generaattori tai invertteri.

Sähköiskun saa, jos koskettaa maasähkökaapelin vaihejohtinta ja samanaikaisesti tavalla tai toisella koskee myös nollajohtimeen tai maadoitusjohtimeen. Iskun vaarallisuus riippuu siitä, miten hyvä yhteys on eri johtimiin ja millainen on ihon kosteus.

Laiturilta tulevan sähkön kohdalla riittää myös, jos henkilö koskettaa jotain maahan tai veteen yhteydessä olevaa metallirakennetta, seisoo avojaloin vedessä tai äärimmäisessä tapauksessa, seisoo paljain jaloin vesillä olevassa, hyvin vettyneessä puuveneessä.

Tyypillisesti 230 V AC-laitteiston osia ovat:

- liityntäpiste laiturilla
- liityntäjohto veneeseen ja sen liityntärasia veneessä
- maasähkökeskus



SFS EN-60529 mukaan laituriiin tai sen yläpuolelle asennetuilla sähkölaitteilla on oltava seuraavanlaiset kotelointiluokat:

- kun esiintyy roiskeita: IPX4
- kun esiintyy vesisuihkuja: IPX5
- kun esiintyy aaltoja: IPX6

Lisätietoa eri kotelointiluokista (ip-luokka) löydät stek.fi/stä.

Kuva 3.1. Venesataman virranottoyksikkö.

- kulutuslaitteet
 - lämminvesivaraaja
 - akkulaturi
- suojaerotin
- veneen sisäisen verkon hallintayksikkö
- vaihtosuuntaaja eli invertteri
- siirrettävä tai kiinteä generaattori.

3.1 Liityntäpiste laiturilla

Venesatamien sähköistys

Suomalainen standardi SFS 6000-7-709 (2012) asettaa venesatamien sähköasennuksille seuraavia vaatimuksia:

1. Venesatamien sähköistyksessä saa käyttää ainoastaan TN-S-järjestelmää (= erillinen suojajohdin ja nollajohdin koko järjestelmässä)
2. Huviveneen potentiaalintasausta (maadoitusta) ei saa liittää maasyötön suojajohtimeen, ja erotusmuuntajan kuhunkin toisiokäämiin saa liittää vain yhden veneen
3. Seuraavat osat on yhdistettävä potentiaalintasaajohtimeen, joka puolestaan yhdistetään erotusmuuntajan toision liittimeen:
 - Veneen metalliosat, jotka ovat yhteydessä veteen, ja jotka pitää yhdistää useammasta pisteestä, mikäli rakenne ei saa aikaan jatkuvuutta (vaatimus ei koske metalliosia, jotka on asennettu eristemateriaalin päälle tai eristetty muista metalliosista).
 - Pistorasioiden suojakoskettimet
 - Laitteiden jännitteelle alttiit osat (= laitteiden metallirungot ja -kuoret, ellei laite ole kaksoiseristetty).



Kuva 3.2. On sallittua tehdä siirtymäjohto tai adapteri pyöreän pistotulpan ja sukon välille. Kuvassa mahdollisia ratkaisuja. Johdon pitää olla niin lyhyt, ettei johdon päässä oleva pistotulppa ylety veteen tai maahan. Adapterien käyttöä tulisi kuitenkin välttää, koska vaihe- ja nollajohtimet saattavat mennä ristiin.

Sähkölaitteiden valinnassa ja asentamisessa on kiinnitettävä erityistä huomiota korroosioon, rakenteiden liikkeisiin, mekaaniseen vahingoittumiseen, palavien nesteiden ja höyryjen esiintymiseen sekä sähköiskun lisääntyneeseen vaaraan.

Venesatamien kaapelit on valittava siten, että estetään kelluvien rakenteiden aiheuttamista liikkeistä johtuvat mekaaniset rasitukset. Esimerkiksi jos asennusputkeen voi kertyä vettä, on putkessa oltava sopiva vedenpoistoreikä.

Seuraavien johtojen käyttö on kiellettyä:

1. Ilmakaapelit, joissa on kannatinvaijeri, tai jotka on ripustettu vaijerista
2. Eristetyt, erilliset johtimet asennusputkissa
3. Alumiinijohtimiset kaapelit.

Pistorasioiden on oltava mahdollisimman lähellä niitä venepaikkoja, joita ne syöttävät. Veneitä syöttävät pistorasiat on asennettava jakokeskukseen tai erilliseen koteloon. Ulos asennettavien sähkölaitteiden kotelointiluokan on oltava vähintään IP44 suojaisissa olosuhteissa. Mikäli sijoituspaikalla esiintyy merkittävää aallokkoa, pitää suojausluokan olla parempi.

Jokaista venepaikkaa kohti on oltava vähintään yksi pistorasia. Pistorasiat on sijoitettava siten, että vältetään pitkien jatkojohtojen aiheuttamilta vaaroilta. Veneiden syöttämiseen käytettyjen pistorasioiden on oltava standardien SFS-EN 60309-1 ja SFS-EN 60309-2 mukaisia, teollisuuskäyttöön tarkoitettuja voimapistorasioita, ja niillä on oltava suojausmenetelmästä riippumatta seuraavat ominaisuudet:

1. Yksivaiheiset pistorasiat:
16 A, napaluku 2 + suojajohdin
2. Lisäksi voidaan käyttää seuraavia pistorasioita:
Yksivaiheiset pistorasiat:
32 A, napaluku 2 + suojajohdin,
kolmivaiheiset pistorasiat:
32 A tai 63 A, napaluku 4 + suojajohdin
3. Tarvittaessa voidaan käyttää mitoitusvirraltaan muita standardin SFS-EN 60309-2 mukaisia pistorasioita.

Jokainen pistorasia on suojattava erikseen vikavirtasuojalla, jonka mitoitusvirta on enintään 30 mA. Jokainen pistorasia on myös suojattava erikseen ylivirtasuojalla. Järjestelmästä riippuen saatetaan tarvita suojaus jokaisessa navassa.

Käytännössä huviveneilijöille tarkoitetuissa liityntärasioissa tulisi olla CEE-pistorasiat virran ulosottoa varten; yhtä monta kuin veneitä on tarkoitus liittää. Tavallista suko-pistorasiaa tulisi välttää. Jokainen ulosotto tulee varustaa omalla vikavirta- tai johdonsuojavarokkeellaan.

Syöttövirran riittävyys laiturin liitäntäpisteellä

Satamissa ollessaan veneet kytkeytyvät yleisesti maasähköön, jolloin käytetään monia laitteita.

Laite	Ottoteho W	Ottovirta A
Ilmankuivain	400	2
Veden/kahvinkeitin	1800	8
Sähkölämmitin	2000	9
Lämminvesivaraaja	770	3,5
Akkulaturi 12 V/ 50A	770	3,5
Yhteensä	5740	26

Koska 1-vaiheisesta pistorasiasta (suko tai CEE) voi maksimissaan ottaa 16 A virtaa, voi yllä olevasta nähdä, etteivät kaikki laitteet voi olla yhtäaikaa käytössä.

Tilanne muuttuu jonkin verran kun vene varustetaan 12V litiumioniakustolla ja suurteholaturilla.

Akkulaturi 12 V / 100 A	1870	8,5
-------------------------	------	-----

Kun veneessä on sähköinen propulsio -järjestelmä, esim. 48 V käyttöjännitteellä ja vastaavalla akustolla, tilanne muuttuu haastavaksi.

Akkulaturi 48 V / 50A	3500	16
-----------------------	------	----

Tämä tarkoittaa sitä, ettei esimerkki veneessä voi olla muita laitteita käytössä, kun akustoa ladataan täydellä teholla.

Sataman ylläpitäjän on oleellista tietää veneiden tehon ja virrantarve, jotta vältetään ylikuormitus ja sataman syöttölinjojen kuormitus voidaan jakaa tasaisesti. Jos-sain tilanteissa voi olla välttämätöntä rajoittaa venekoh-taista virransyöttöä.

Veneeseen voidaan myös asentaa yhdistelmä- tai muu automaattinen virranrajoituslaite, jolla virranottoa voidaan eri tavoin rajoittaa:

- rajoitetaan latausvirtaa kulutuslaitteiden kulutuksen mukaan
- rajoitetaan kulutuslaitteiden käyttöä latausvirran maksimoimiseksi
- rajoitetaan kokonaisvirranottoa veneen järjestelmään.

Esimerkki venesataman tehontarpeen kasvusta kulutuksen ja kulutuskohteiden lisääntyessä:

Vaihe 1.

- kolmessa laiturissa kussakin veneitä 24 kpl, yhteensä 72 kpl
- 3-vaiheinen sähkönsyöttö jaettu vaihe/laituri
- 6 venettä/laituri käyttää maasähköä – akkulaturi 50 A 770 W, lämminvesivaraaja 770 W, ilmankuivain 400 W =1940 W liityntäteho/vene laiturin tolpaista

- kokonaiskulutus satamassa/vaihe noin 12 kW
- Tämä tarkoittaa että sataman pääsulakkeiden tulisi olla 3 x 63 A

Vaihe 2.

- Kaksi veneistä kussakin laiturissa hankkii litiumioniakut ja 12 V 100A akkulaturin; 1850 W/vene yhteensä 3740 W
- kokonaiskulutus satamassa/vaihe noin 15,74 kW = pääsulakkeet 3 x 80 A

Vaihe 3.

- Yksi vene kussakin laiturissa hankkii 48 V sähköisen propulsio -järjestelmän, jossa litiumioniakut ja suurteholaturi 48 V 50 A = 3500 kW
- kokonaiskulutus satamassa/vaihe 19,24k W; pääsulakkeet 3 x 100 A

Yllä esitetty kulutus ei välttämättä toteudu koko ajan, mutta hetkellinenkin vaiheen maksitehon ylitys johtaa pääsulakkeen ”palamiseen”.

Syöttötehon (= pääsulakkeiden koko) ja laiturille vedettyjen kaapeleiden paksuus ovat suhteessa toisiinsa. Syöttötehon nostaminen saattaa vaatia kaapeleiden vaihtamista paksumpiin. Sulakekoot on yleisesti porrastettu – esim. 63 A, 80 A, 100 A, jne. Syöttösulakkeiden koko määrittää suoraan sähköliittymän perusmaksun.

3.2 Liitäntäjohto ja liityntärasia veneessä

Liitäntäjohto

Liitäntäjohtona tulee käyttää vain veden- ja öljynkestävää kaapelia. Kirkasväriset polyuretaanikaapelit ovat hyvin vesitiiviitä ja mekaanisesti kestäviä, mutta myös perinteinen musta kumikaapeli, jossa on keltainen raita merkinä öljynkestävyydestä ja merkintä VSN tai VSB, sopii tarkoitukseen.

Liitäntäjohtojen minimipaksuuden (neliömäärän) määrittelee maasähkökeskuksen sulake tai johdonsuojakytin:

10 A sulake/johdonsuoja = 3 x 1,5 mm ² kaapeli
16 A sulake/johdonsuoja = 3 x 2,5 mm ² kaapeli

Liitäntäjohto voi olla kaapelikelalla, mutta myös sen tulee olla ulkokäyttöön tarkoitettu. Sähköturvallisuuden kannalta on tärkeää, että jatkojohdot ja kaapelikelat ovat kummastakin päästä varustettu CEE-pistokkeilla, jotta vaihe, nolla ja suojamaa pysyvät järjestyksessä.

HUOM. Kun kaapeli on kelalla, sen läpi ei voi siirtää suuria virtoja. Virran aikaansaama kaapelin kuumeneminen saattaa jopa sulattaa kaapelin eristeen ja sytyttää sen palamaan.



Kuva 3.3. Kelalla oleva jatkojohto, joka on kummastakin päästä varustettu CEE-pistokkeella.



Kuva 3.4. Tyypillinen veneeseen asennettu liityntärasia maasähkön kytkentään.

Pienitehoisen (200–400 W) käsityökalun käyttäminen lyhyen aikaa ei ole ongelma, mutta esimerkiksi lämmitin tai tehokas kotipölynimuri (1800 W) voi olla liian suuri kuorma kelalla olevalle kaapelille. Käytettäessä suurta kuormaa pitkään, tulee koko kaapeli ottaa pois kelalta.

Liityntärasia veneessä

Liityntärasian tulee olla CEE-pistokkeelle sopiva, tai muu vastaava 3-napainen rasia. Mikäli rasia on ulkona, on tärkeää varmistaa riittävä suojaluokka. IP44 luokituksen mukainen rasia soveltuu hyvin suojaiseen paikkaan esim. säilytystilan luukun alle. Jos rasia sijoitetaan suoraan sateelle ja roiskeille alttiiseen paikkaan, kannattaa valita suojaluokaksi IP67.

Veneen kytkeminen ja irrottaminen maasähköstä

Kytkeytyminen

Veneessä tehdään kaikki muut kytkennät, ennen kuin pistoke kytketään maissa olevaan sähkölähteeseen.

Irrottaminen

Kun liitäntäjohto irrotetaan, pitää sen ensiksi tapahtua sähkölähteestä.

Lisäksi pitää huomata seuraavaa:

- Useita liitäntäjohtoja ei saa kytkeä toisiinsa
- Samassa johdossa ei saa olla useita veneitä

3.3 Veneen maasähkökeskus

Kaikki veneet jotka rannassa säännöllisesti kytketään maasähköön esim. akkujen lataamiseksi, on hyvä varustaa tähän tarkoitukseen soveltuvalla maasähkökeskuksella.

Yksinkertainen maasähkökeskus asennetaan suojaiseen paikkaan (esim. ohjauspulpetin alle tai säilytystilaan) ja siinä on seuraavat komponentit:

- riittävän vesitiivis kotelo
- vikavirtasuojaja tai johdonsuojasulake

- merkkivalo virran tulolle
- CEE-runkopistoke (uros) tai vastaava, virran sisääntulolle kotelon kylkeen asennettuna
- vesitiivis akkulaturi asennettuna kotelon kylkeen tai sisälle.

Isommissa veneissä on enemmän kulutuslaitteita, jolloin maasähkökeskuksesta tulee laajempi.

Keskeiset komponentit ovat:

- riittävän vesitiivis kotelo
- vikavirtasuojaja tai päävaroke
- merkkivalo virran sisääntulolle
- jokaiselle ulosotolle oma 2-napainen johdonsuojavaroke
- lämminvesivaraajalle yleensä oma merkkivalo.

Keskuksia valmistetaan pääsääntöisesti kahta tyyppiä; keskitettyä ja hajautettua. Keskitetyssä ovat kaikki komponentit samassa kotelossa, hajautetussa on standardin mukaisesti vikavirtasuojaja tai pääkytkin lähellä liityntäpistorasiaa ja muut helpommin käsillä veneen sisällä.

Oikosulkusuojaus ja johdon suojaus

Suomessa käytössä olevassa TN-S-järjestelmässä yksivaiheisen sähkönsyötön toinen johdin on syöttävän puolella yhdistetty maahan. Tätä johdinta kutsutaan nollajohtimeksi ja toista jännitteistä johdinta vaihejohtimeksi. Järjestelmään kuuluu lisäksi keltavihreä suojajohdin.

Aikaisemmin voitiin sähkökeskuksissa yhdistää nollaja suojajohtimet. Nykyään molemmilla on oltava omat liitäntäkiskonsa.

Jos vaihejohdin ja nollajohdin joutuvat kosketuksiin toistensa kanssa, syntyy oikosulku.

Toisaalta johtimet kestävät vain tietyn virran: $1,5 \text{ mm}^2 = 10 \text{ A}$ ja $2,5 \text{ mm}^2 = 16 \text{ A}$. Tätä varten johdot ja muu asennus on suojattu sulakkeilla tai johdonsuojakytkimillä. Tavallinen sulakekoko venelaitureilla on 16 A. Jos sulakkeen tai johdonsuojakytkimen läpi kulkee jonkin aikaa vaikkapa 25 A virta, sulake palaa tai johdonsuojakytkin laukeaa.

Oikosulku- ja ylivirtasuojat ovat huonoja suoja henkiloturvallisuuden kannalta, sillä sähköisku on vaarallinen jo varsin pienillä virroilla.

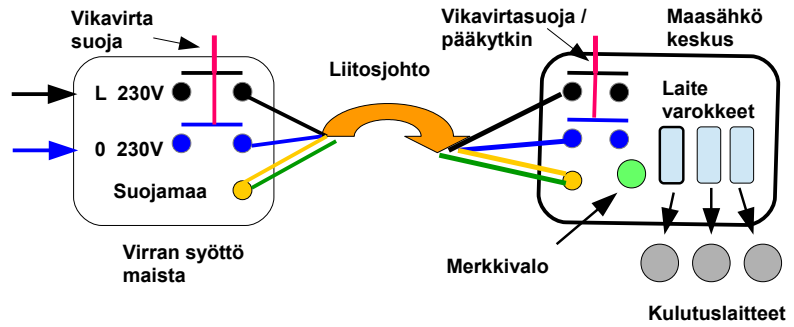
Koskaan ei saa täysin luottaa sulakkeisiin ja johdonsuojakytkimiin. Sähkölaitteiston kunnosta on huolehdittava tarkastuksin. Maasähkönsyöttö on varustettava vikavirtasuojalla, niin rannassa kuin veneessä.

Vikavirtasuojat

Suomen sähköturvallisuusmääräysten mukaan kaikki laitureilla sekä maissa olevat virranjakopisteet tulee olla varustettuja vikavirtasuojilla. Vikavirtasuojaja tulee asentaa myös veneeseen.



Kuva 3.5.a Tyypillinen veneen maasähkökeskus.



Kuva 3.5.b Periaatekuva maasähkön ja veneen 230 V -järjestelmän kytkennästä.

230 V aggregaatilla tai generaattorilla tai 230 V invertterillä pitää myös olla omat vikavirtasuojansa ennen niiden kytkemistä veneen sähkökeskukseen tai sähkölaitteisiin. Mahdollinen vikavirtasuojaja pitää asentaa ensimmäiseksi virranotokohdan jälkeen – ennen kaikkia muita laitteita (sähkökeskusta, pääkatkaisijaa, sulakkeita, automaattikytkimiä tms).

Nykyisin saatavilla on myös vikavirtasuojia ja johdonsovajavaroitteita, jotka korvaavat erillisen pääkytkimen, ja toimivat samalla koko järjestelmän päävarokkeena.

Herkkä ja supernopea

Vikavirtasuojaja huolehtii siitä, ettei veneessä ole vuotovirtoja. Vikavirtasuojaja ei tarvitse toimiakseen sähkökäyttöä, ja siksi se lisää turvallisuutta merkittävästi.

Vikavirtasuojaja vahtii virran kulkua kahdessa 230 V johtimessa. Jos se huomaa, että yhdessä johtimessa kulkee enemmän virtaa kuin toisessa, se käsittää asian virran vuotamiseksi maahan ja katkaisee jännitteen. Vuotovirta voi johtua ihmisestä, joka koskettaa samanaikaisesti virrallista johdinta eristysviallisessa laitteessa ja jotain muuta maadoitettua osaa. Jos erotus on suurempi kuin 30 mA (30 tuhannesosa-ampeeria), katkeaa virta heti.

Kun vikavirtasuojaja on lauennut, laitteistoa tarkastettaessa huomataan, että vipu joka kytkee tai katkaisee virtapiiriin, on o-asennossa. Tavallisimpia syitä on maasähköjohdon pistotulpan joutuminen veteen tai sateeseen. Vikavirtasuojajakytkimen uudelleen kytkeminen ei silloin riitä. Pistotulpassa on edelleen vettä ja se aiheuttaa oikosulun. Suolainen vesi pitää huuhtoa pistotulpasta makealla vedellä, kuivata ja mieluiten suihkuttaa myös sisäpuolelta kosteutta poistavalla sprayllä.

Veteen pudonnutta sähkötyökäluä voidaan yrittää pelastaa samalla tavalla, mutta sen kunnollinen kuivuminen kestää makeavesihuuhtelun jälkeenkin pitkään.

HUOM. Kun vikavirtasuojaja katkaisee virran, on siihen aina syy. Ennen jännitteen uudelleen kytkemistä tulee ensin etsiä syy ja korjata vika.

3.4 Kulutuslaitteet

Kulutuslaitteiden tulee olla venekäyttöön soveltuvia ja kaksoiseristettyjä. Vaikka kotiin tarkoitetut laitteet soveltuisivat usein sähköistyksen kannalta, niiden valmistusmateriaalit eivät välttämättä kestä merellisiä olosuhteita.

Lämminvesivaraaja

Käytännössä kaikki venekäyttöön myytävät laitteet ovat kaksoiseristettyjä, eikä niiden metallikuoria tule maadoittaa. Valinnassa kannattaa kiinnittää huomiota helppoon tyhjennettävyyteen. Laitteen sisään jäänyt vesi voi talvella jäätyä ja rikkoa sähköiset osat.

Akkulaturi

Moottorilla ajoa voi olla niin vähän, ettei päivittäistä sähköntarvetta saada tyydytettyä. Tyypillisin esimerkiksi on purjeverne, joka purjehtii pitkän aikaa. Vaikka suuret sähkönkuluttajat, kuten jääkaappi ja lämmityslaitte, olisivatkin pois kytkettynä, tarvitsevat esim. hehkulamput toteutetut kulkuvalot vähintään 30 Ah joka yö. Niiden kulutusta voidaan pienentää siirtymällä yhteen kolmivärisen valon mastonhuipussa tai ledeillä toteutettuihin kulkuvaloihin.

Navigointilaitteet kuluttavat noin 10 - 20 Ah vuorokaudessa. Autopilottikin tarvitsee sähköä. Vaikka sitä käytettäisiin vain puolet ajasta, se tarvitsee sähköä vähintään 30 Ah vuorokaudessa, veneen koosta, autopilotin tyypistä ja merenkäynnistä riippuen.

Taulukko 3.6. Käytettäessä AGM- ja hyytelöakkuja tulee laturissa olla liitäntä akun lämpötilan mittaamiselle, jotta lataus onnistuu kylmässä, ja jottei akkuja tuhota lämpötilan ollessa korkea.

Lämpötilakompensointi 0,3V / 10 °C	+15 °C	+ 25 °C	+35 °C
latausjännite	14,7 V	14,4 V	14,1 V

Moottoria saatetaan joutua käyttämään 2 - 10 tuntia riippuen akuston koosta ja tyypistä, moottorin laturin koosta ja muusta samanaikaisesta kulutuksesta akuston lataamiseksi. Aurinkopaneelit tai tuuli- ja laahausgeneraattorit voivat antaa tarpeeksi sähköä kulkuvaihtoihin, navigointilaitteisiin ja autopilottiin.

Lataaminen maasähköstä

Jos veneen säilytyslaiturista on mahdollisuus saada normaalia verkkovirtaa (230 V), on akkujen varaustilan ylläpito helppoa. Jos akkulaturi on mitoitettu oikein suhteessa akkukapasiteettiin, jo vuorokauden lataus varaa akut täyteen.

Veneessä käytettävän akkulaturin tulisi olla kiinteästi asennettu ja veneessä oleville akuille sopiva. AGM-, hyytelö- ja litiumioniakut vaativat oman latausohjelmansa sekä lämpötilakompensoinnin.

Maasähkölaturin latausteho kannattaa mitoittaa vastaamaan akkujen kapasiteettia ja latautumisominaisuuksia. Ohjeellisenä arvona tulisi latausvirran olla lyijyhappoakuille minimissään 10 % akkujen ampeerituntimäärästä (200 Ah akut = 20 A laturi). Näin akut latautuvat kohtuullisessa ajassa ja veneen sähkölaitteita voi käyttää jonkin verran samanaikaisesti akkujen latauksen kanssa. Sulfatoituneen akun voi joskus herättää akkulaturilla, jossa on siihen erikseen valittava toiminto. Lisätietoja löydät Asennusvinkkejä-osiosta.

Litiumioniakkujen keskeinen etu on nopea latautuminen. Se vaatii, että latausvirta vastaa akuston latauskykyä. Jos litiumioniakusto muodostuu yhdestä 100 Ah akusta, joka kykenee latautumaan 50 A virralla, niin 50 A tuottava laturi kykenee lataamaan akun täyteen 2 - 3 tunnissa. Jos akkuja on kaksi samalta laturilta menee aikaa n. 4 - 5 tuntia. Laskelma olettaa, ettei mitään muuta kulutusta ole samanaikaisesti. Laturin latausvirran puoliintuminen kulutuksen takia tuplaa latausajan. Katso lisäksi Asennus ja vianetsintä/Moottorin laturin ja maasähkölaturin koko sivu 44.

Muut kulutuslaitteet

Valtaosa muista kulutuslaitteista liitetään pistorasioihin – vedenkeitin, hiustenkuivaaja, TV, jne. – ja niillä kaikilla on veneessä luontevat käyttöpaikat, joihin voidaan asentaa pistorasia. Jos asennetut pistorasiat eivät riitä, järjestelmän laajentaminen kiinteillä jatkojohto- ja haaroitusrasia -asennuksilla on turvallisuusriski. Jos siis tarvitaan uusia pistorasioita, kannattaa pyytää ammattilaista suorittamaan kiinteän verkon laajennus, jotta päästään näistä ”virityksistä” eroon.

3.5 Suojaerotusmuuntaja

Suojaerotusmuuntaja voidaan toteuttaa kahdella eri tavalla: joko muuntajaan perustuvalla suojaerotusmuuntajalla tai taajuusmuuttajaan perustuvalla Switch Mode-suojaerotusmuuntajalla.

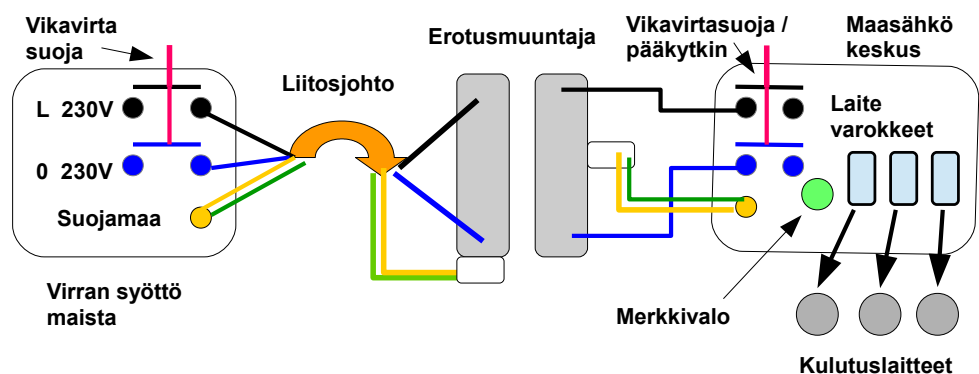
Kumpikin toimii erinomaisena korroosion estäjänä, mutta suodattaa myös verkkovirran mahdollisia heilahdeluja. Kummallakin tavalla laiturilta tuleva 230 V AC -virta kytketään laitteen ensiöpuolelle ja ns. toisiopuolelta saadaan ulos veneessä käytettävä 230 VAC -virta, ilman että niillä on mitään galvaanista eli metallista yhteyttä laiturilta tulevaan sähkösyöttöön.

Kytkeä ohjeita tulee noudattaa tarkasti. Kaikissa veneissä, joissa on hiemankin laajempi maasähkijärjestelmä, pitäisi olla myös suojaerotin. Erityisen tärkeää se on veneissä, jotka on tehty johtavasta materiaalia (alumiini, teräs, hiilikuitu).

Erotusmuuntaja ja sen kytkentä

Muuntaja on laite, joka indusoi primäärikäämiin kytketyn sisään tulevan jännitteen sekundäärikäämiin. Veneessä käytetään erotusmuuntajaa, joka toimii muuntosuhteella 1:1. Jos syötetään 230 V sisään (primäärikäämiin), saadaan 230 V ulos toiselta puolelta (sekundäärikäämistä).

Kuva 3.7. Vikavirtasuojaja ja erotusmuuntajan kytkentä.



Kun vene yhdistetään maasähköön (vaihejohdin, nollajohdin ja suojajohdin TNS-laitteistossa), jännite ja maadoitusyhteys menevät edelleen veneen sähkökeskukseen ja erillisiin komponentteihin.

Kun veneeseen asennetaan erotusmuuntaja, sen etupuolella oleva vikavirtasuoja tulee tarpeettomaksi ja maasähkö menee ilman sitäkin aivan oikein muuntaajaan. Vikavirtasuoja tulee siirtää ensimmäiseksi komponentiksi erotusmuuntajan jälkeen.

Kun virta kytketään oikein erotusmuuntaajaan, pitää huolehtia siitä, että maista tuleva maadoitusjohdin päätetään siihen. Samalla käyttöön otetaan uusi maadoitusjohdin erotusmuuntajan omasta maadoituslähdestä tai oikeammin taseuspisteestä.

HUOM. Erotusmuuntajalla on oma maadoituksen ulostulonsa. Siitä lähtevä johdin viedään veneessä olevaan maasähkökeskukseen ja edelleen yksittäisille komponenteille. Sitä ei saa yhdistää maista tulevaan maadoitukseen eikä muuhun maadoituspisteeseen! Veneen 230 V AC -järjestelmä jää ns. kelluvaksi.

Switch Mode -tekniikka ja sen kytkentä

Uusi Switch Mode -tekniikka, jota on aikaisemmin käytetty esim. akkulateureissa, on otettu käyttöön suojaerotintien rakenteessa. Primääripuolella (sisääntulossa) muutetaan virta ensin suurtaajuiseksi. Laitteessa on myös muuntaja, mutta taajuusmuutoksen ansiosta ne voidaan nyt tehdä oleellisesti pienemmiksi ja kevyemmiksi. Switch Mode -tekniikalla toteutettu suojaerotusmuuntaja kytketään periaatteessa samoin kuin muuntajatekniikalla toteutettu laite; tuleva sähköpiiri ja lähtevä eivät ole galvaanisesti yhteydessä toisiinsa. Tärkeää on noudattaa laitevalmistajan kytkentäohjeita.

Rautaa ja kuparia vai elektroniikkaa?

Perinteinen muuntaja muodostuu kahdesta eristetyistä kuparikäämistä, jotka on sijoitettu yhteiselle rautasydämelle. Erotusmuuntajat ovat suuria ja painavia; 2 kW painaa 25 kg.

Switch Mode -suojaerotusmuuntaja, jonka kapasiteetti on 3,5 kW, painaa 6 kg.

Molemmilla tyypeillä hyötysuhde on 94 - 96 %. Häviö tuntuu lämpönä.

Perinteinen erotusmuuntaja ei tarvitse jäähdystä, mutta Switch Mode -suojaerotusmuuntaja tarvitsee tuuletin komponenttien jäähtytykseen.

Kummallakin tavalla toteutettuja suojaerotusmuuntajia käytetään useissa eri yhteyksissä.

Valitaanpa veneeseen kummalla tahansa tekniikalla toteutettu laite, tulee sen olla suunniteltu ja valmistettu kestämaan veneessä vallitsevat kosteat ja suolapitoiset olosuhteet.

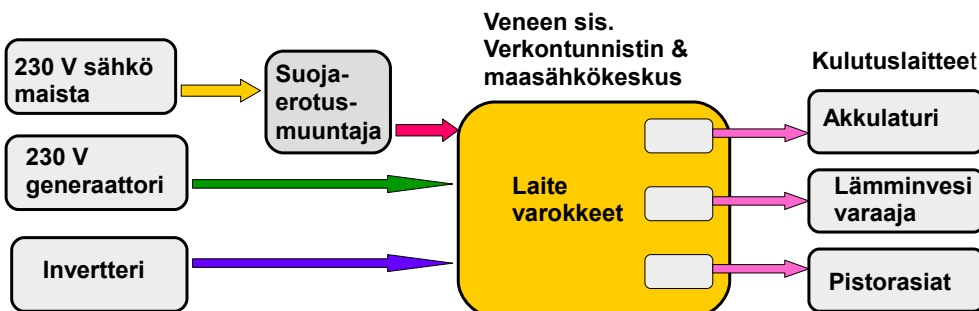
3.6 Veneen sisäinen verkonhallintayksikkö, inverterti ja generaattorit

Verkonhallintayksikkö

Silloin kun veneen 230 V AC-järjestelmään voidaan syöttää virtaa usealla tavalla – laiturin liitântäkotelon kautta, inverterillä tai kiinteällä generaattorilla – on välttämätöntä varmistaa, että vain yksi syöttötapa voi olla käytössä samanaikaisesti. Järjestelmän voi toteuttaa valintakytkimellä, mutta johdotuksesta tulee varsin mutkikas ja systeemin käyttäminen vaatii käyttäjältä muistamista. Helpointa ja turvallisinta on hankkia automaattinen yksikkö.

Sen etuja ovat:

1. Järjestelmäkokonaisuus sisältää usein samalla maasähkökeskuksen
2. Järjestelmä tunnistaa, mistä virta syötetään ja missä järjestyksessä virransyötöt ovat määrääviä: laituriliitântä estää generaattorin ja inverterin kytkeytymisen ja generaattori estää inverterin toiminnan.
3. Järjestelmä sallii vain ne kulutuslaitteet, jotka ovat ko. syöttötavalle järjeviä: ei ole esimerkiksi järjevää syöttää inverterillä akkulateuria.



Kuva 3.8. Periaatekuva veneen sisäisen verkonhallintayksikön ja maasähkökeskuksen liittämistä järjestelmään.



Kuva 3.9. Kannettava pieni invertteriteknikalla toteutettu aggregaatti. 230 V/2 kW, 12 V/8 A.

Invertteri

Invertteri on laite, joka muuttaa 12/24 V tasavirtaa 230 V vaihtovirraksi. Invertterin tuottamalla sähköllä voidaan käyttää periaatteessa samoja laitteita kuin laituriliitännästä. Rajoittavana tekijänä on invertterin teho. Tehot vaihtelevat 100 W - 2500 W välillä käyttötarpeen mukaan.

Tehoarvossa on kaksi arvoa: jatkuva ja hetkellinen. Invertterin tehoa mietittäessä kannattaa tarkastella jatkuvan tehon arvoa. Hetkellisellä arvolla on merkitystä, jos joudutaan käyttämään invertterin maksimitehoa jonkin moottorin käynnistämiseen (esimerkiksi porakone tai pölynimuri).

Esimerkki: Jos käytössä on 400 W invertteri, jonka hetkellinen kuorma saa olla 500 W ja tähän liitetään 380 W porakone, joka käynnistyessään vaatii 450 W, tämä onnistuu koska hetkellinen teho sallii tehopiikin käynnistyshetkellä.

Inverttereitä on virranmuototavoiltaan kahta eri tyyppiä: siniaalto ja hakkuriaalto.

Siniaalto-muotoinen virta vastaa laituriliitännästä saatavaa ja se soveltuu kaikille laitteille. Nämä invertterit ovat yleensä hieman kalliimpia. Hakkuriaalto soveltuu useimmille laitteille, mutta jotkut herkät elektroniset laitteet saavat siitä häiriöitä.

Invertteri on lähes äänetön; ainoa äänilähde on tuuletin. Hyötysuhteet inverttereillä ovat yli 90 %.

Jos pienitehoista invertteriä (100 - 200 W) käytetään vain yksittäiselle laitteelle (PC, taulutv) kannattaa käytettävä laite liittää suoraan invertterissä olevaan pistorasiaan. Tasavirran syöttöä varten voi 100 W asti käyttää tupakansytytinliitännää, koska virta ei maksimikuormalla ylitä 16 A.

Tehokkaammat 200 - 400 W invertterit vaativat jo paremman liittimen tai kiinteän asennuksen 12/24 V DC-järjestelmään: 300 W invertteri vaatii 40 A virtaa hetkellisen tehon maksimille.

Kun invertterillä halutaan käyttää useampia laitteita ja siten syöttää virtaa useampaan pisteeseen veneessä,

kasvaa tehontarve samalla yleensä 1000 - 2500 W luokkaan. Isoilla inverttereillä voi käyttää kotoakin tuttuja laitteita kuten pölyimuria ja mikroaaltouunia. Tällöin oikea ja turvallinen tapa on asentaa invertteri kiinteästi ja kytkeä se veneen sisäisen verkon hallintayksikköön.

HUOM. 2500 W invertterin virrantarve on maksimiteholla 250 A.

Siirrettävä generaattori tai aggregaatti

Tässä yhteydessä siirrettävällä generaattorilla tarkoitetaan tyypillisesti 2 kW bensiinimoottorikäyttöisiä laitteita. Laadukkaat aggregaatit tuottavat puhdasta sinimuotoista virtaa.

Ne ovat varsin kevyitä ja hiljaisia, ja maissa niitä käytetään tyypillisesti virrantuottajina pienille käsityökaluille, pumpuille tai tv:lle. Kokoa mietittäessä pitää muistaa ero käsitteissä jatkuva teho - hetkellinen teho.

Etenkin veneen ollessa vesillä, kannattaa siirrettävä generaattori tai aggregaatti liittää samaan pistokkeeseen kuin laituriliitännäkin tehtäisiin. Tällöin kaikki veneen turvajärjestelmät ovat käytössä.

HUOM. esim. 2 kW:n teho on rajallinen:

- lämminvesivaraaja 770 W
+ akkuvaraaja 40 A täydellä teholla 700 W
+ vedenkeitin 1400 W = 2,87 kW.
Jokin täytyy jättää pois.

Kiinteä generaattori

Tällä tarkoitetaan kiinteästi asennettua generaattoria, jonka sähköteho on usein 4 - 10 kW.

Isommissa aluksissa niitä nimitetäänkin apukoneiksi. Pienemmät laitteet tuottavat 1-vaihevirtaa mutta isommat aina 3-vaihevirtaa.

Kiinteä generaattori tulee aina liittää veneen sisäisen verkon hallintayksikköön. Laitteiden mekaaninen asennus vaatii asiantuntemusta; polttoaine sisään/ulos, jäähdytysvesi sisään/ulos vaimennetusti, ilmankierto, jne. Dieselmootorin ääni edellyttää hyvää äänieristystä. Usein järjestelmä varustetaan omalla käynnistysakullaan.

Laitteisto saattaa olla varustettu automaattisella käynnistysyksiköllään, joka reagoi esim. akkujen varaustilan laskuun.

Kiinteästi asennetun generaattorin hankinnan perusteena on suurehko sähkön tarve jotain tiettyä tarkoitusta varten ja se, ettei ole mahdollisuutta rantautua paikkaan jossa voitaisiin liittyä laiturisähköön; esim. pitkä meren ylitys, vesikone ja runsaasti muita varusteita.

Sähkö ei kuitenkaan synny tyhjästä, joten tämä pitää huomioida kun lasketaan tarvittavaa polttoainemäärää; ”dieselistä tehdään mm. vettä”.

3.7 Vastuukysymykset

Veneen sähkölaitteisto on veneenomistajan vastuulla.

Kun veneeseen asennetaan maasähköjärjestelmää, on omistajan vastuulla kertoa mitä hän haluaa:

- mihin asennetaan pistorasioita
- mihin maasähkön liitäntärasia asennetaan ja miten se altistuu vedelle
- mihin maasähkökeskus olisi hyvä laittaa, ettei se haittaa muuta toimintaa ja on helppo käyttää
- mitä laitteita järjestelmään liitetään
- onko syytä varautua järjestelmän mahdolliseen tulevaan laajentamiseen.

HUOM. Vaikka valtuutettu sähköasentaja osaisi tehdä sähköasennuksia maissa, ei se takaa että hän osaa ottaa huomioon veneen erikoisvaatimukset.

Vaikka veneessä on ollut ammattitaitoinen sähköasentaja, on veneen omistajan saatava myös selostus siitä, että työ on tehty määräysten mukaisesti.

Sähkö satamissa ja laitureilla on marinan- tai satamanomistajan vastuulla. Esimerkiksi sähkönsaantipisteet on varustettava CEE-pistokkeilla. Pyöreät CEE-pistokkeet ovat paremmin koteloituja ja johdot pysyvät myös hyvin paikoillaan. Johtojen putoaminen veteen ja ulkopuolisten suorittama irrottaminen on estettävä. Vika maalaitteistossa tai muissa veneissä aiheuttaa korrosiovaaran omassa veneessä.

Maasähkön asentaminen vaatii oman kiinteän sähkölaitteistonsa. Tällaisen 230 V laitteiston saa Suomessa asentaa vain yleissähkötöihin oikeutettu urakoitsija tai henkilö, jolla on sähköturvallisuuslain mukainen Sähköpätevyys 3 (KTM 516/96).

3.8 Sallitut sähköasennukset

Vika 230 V -asennuksissa voi aiheuttaa henkilövahingon vaaran, mutta myös tulipalon. Vaaratilanteiden ehkäisemiseksi on kehitetty laaja säännöstö, joka kertoo kuka saa tehdä mitä sekä miten työ pitää tehdä. Kaikissa kiinteissä asennuksissa on poikkeuksetta käytettävä valtuutettua sähköurakoitsijaa.

Veneilijä ei voi tehdä asennuksia itse, kun kyseessä on verkkojännite (230 V). Säännöstä on olemassa yksi poikkeus: jos kaikki tarvittavat varusteet voidaan kytkeä toisiinsa valmiiksi asennetuilla pistokkeilla, siis käyttämättä työkaluja, voi veneilijä tehdä työn itse. Sekin vaatii kuitenkin tiettyä taitoa. Lisäksi varusteiden on oltava CE-merkittyjä ja käyttöohjeiden pitää olla mukana.

Jotkut yritykset ovat kehittäneet täydelliset sähköjärjestelmät komponentteineen ja kaapeleineen. Ne perus-

tuvat erikoispistokkeisiin, jotka eivät tarvitse työkaluja. Tämä tekee oman asennuksen sekä mahdolliseksi että lailliseksi.

HUOM. Vaikka veneessä voidaan käyttää irrallista 230 V laitteistoa (jota ei saa asentaa kiinteästi) tulisi niiden käyttöä välttää, sillä käytännössä se tarkoittaa siirrettäviä johtoja, jotka muodostavat turvallisuusriskin. Kaikki veneessä käytettävät sähkölaitteet tulee olla kaksoiseristettyjä ja soveltua venekäyttöön suolaisessakin ympäristössä.

4. Korrosio

Laajasti tulkiten korrosiota eli syöpymistä on kolmenlaista:

- hapettuminen
- galvaaninen korrosio
- vuotovirtojen aiheuttama korrosio.

Hapettuminen

Metallipinnat hapettuvat, kun niille joutuu kosteutta. Tyypillisesti muodostuu vaaleaa kerrostumaa liitinten pinoille ja akun navoille ja kuparijohtimet mustuvat.

Kaikki tämä heikentää kontaktia, lisää jännitehäviötä ja potentiaalieroja. Ilmiö on merkittävästi mukana vuotovirroista puhuttaessa.

4.1 Galvaaninen korrosio

Luonnosta löytyvät jalometallit ovat ”kulumattomia”. Ne metallit, joita ihmiset ovat jalostaneet malmeista tai vastaavista, kuluvat nopeasti ja pyrkivät muuttumaan takaisin alkuperäiseen muotoonsa eli luonnon oksideiksi.

Veneilijän kannalta hankalinta on tärkeiden metalliesineiden tuhoutuminen. Teräsveneilijöiden, ja vielä enemmän alumiiniveneilijöiden, on syytä ymmärtää paljon korrosiosta, mutta myös muovi- ja puuveneissä voi korrosio muodostua ongelmaksi.

Korrosiota on kahdenlaista, kemiallista ja sähkökemiallista. Tässä tarkastellaan sähkökemiallista korrosiota – jota kutsutaan myös galvaaniseksi korrosioksi. Galvaanista korrosiota esiintyy, kun jännitesarjassa erilaisia metalleja on upotettuna elektrolyyttiin ja metallit ovat sähköä johtavasti yhteydessä toisiinsa.

Veneen pohjasta löytyy yleensä useampia eri metalleja, jotka muodostavat sähkökemiallisen parin (eli pariston) keskenään. Paristojen toiminta perustuu toisen metallin syöpymiseen.

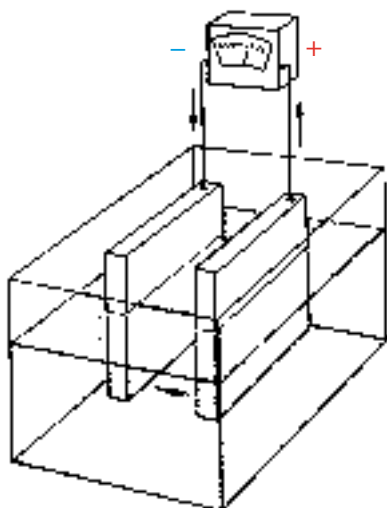
Yleisimmin käytettyjen metallien jännitesarja

KATODI

METALLI	POTENTIAALI
Kulta	+0,20 V (elektroniikkakorttien kannoissa liittimissä)
Titaani	-0,10 V (kaiteet, akselit, maston osat)
Monelli	-0,11 V (POP-niiteissä)
Haponkestävä	-0,20 V (kaiteet, akselit, heloitus)
Kupari	-0,22 V (sähköjohtimet, maadoituskiskot)
Pronssi	-0,25 V (potkurit, laakerit)
Ruostumaton	-0,35 V (kaiteet, akselit, heloitus)
Messinki	-0,35 V (helat)
Lyijy	-0,55 V (köli)
Valurauta	-0,78 V (köli, moottorin osat)
Rauta	-0,79 V (tukirakenteet, runko, peräsimet, kalarauta)
Alumiini	-0,85 V (masto, kaiteet)
Sinkki	-1,05 V (pinnoitteet, sinkkianodit)
Magnesium	-1,09 V (makean veden anodit)

ANODI

Kuva 4.1. Taulukkoon on valittu yleisimmin veneessä esiintyviä metalleja. Oletuksena on käytetty Suomenlahden 20 °C merivettä. Alempana taulukossa oleva metalli syöpyy, jos metallien välinen potentiaaliero on yli 0,25 V. Ylimpänä ovat ns. katodiset, ”vaikuttamattomat”. Pohjalla ovat anodiset, ”vaikutettavat”.



Kuva 4.2. Kaksi elektrolyyttiin upotettua metallia muodostaa pariston. Siitä metallista, joka on alempana jännitesarjassa, tulee anodi, siitä joka on ylempänä, katodi. Jos ne kytketään yhteen, kulkee ioneja elektrolyytin läpi anodilta katodille. Anodi syöpyy hitaasti mutta varmasti pois.

Jännitesarja

Metallit on järjestetty ns. jännitesarjaan sen mukaan, kuinka jaloja ne ovat eli kuinka helposti ne syöpyvät. Mitä epäjalompi metalli on, sitä paremmin se syöpyy. Sinkki-kupari-parissa kupari on jalo ja sinkki epäjalo metalli. Syöpyminen on sitä tehokkaampaa, mitä suurempi ero metallien jaloudessa on (jännite-ero suurenee). Elektrolyytinä toimii yleensä vesi, johon liuenneet suolat mahdollistavat elektronien siirtymisen metallista pois, eli metalli syöpyy.

Kahden kuivan metallin yhdistäminen ei aiheuta syöpymistä, vasta kosteus saa virran kulkemaan. Kosteudesta, etenkin suolavedestä, tulee silloin elektrolyytti.

Makeassa vedessä on liian vähän epäpuhtauksia, jotta se olisi hyvä elektrolyytti. Siksi järviaalueilla korrosio on vähäistä.

Jos laitetaan esimerkiksi sinkkiä ja valurautaa suolaveden ja yhdistetään ne keskenään, käynnistyy sähköinen (sähkökemiallinen) prosessi. Sinkistä alkaa vaeltaa ioneja valurautaan. Ajan mittaan sinkki syöpyy pois, mutta valurauta ei syövy, vaikka se on suolavedessä. Kyseessä on galvaaninen korrosio.

Normaalisti merialueilla veneissä käytetäänkin sinkkianodeja suojaamaan veneen vedenalaisia metalliosia. Makeassa vedessä suojaamiseen käytetään magnesiumia, joka on vielä sinkkiäkin helpommin syöpyvää suhteessa esim. alumiiniseen vetolaitteeseen.

Suojautuminen

Jopa lasikuituveneessä on monia erilaisia metalleja. Jos ne joutuvat suoraan kosketukseen toistensa kanssa, alimman potentiaalisen metalli ”vaeltaa” kohti suuremman potentiaalisen metallia, kun se on elektrolyytissä. Tämän estämiseen on monia keinoja. Seuraavassa käydään läpi tärkeimmät suojautumiskeinot.

Eristäminen

Hyvä lakkakerros, muovinen välilevy tai jokin muu, joka erottaa nämä kaksi metallia fyysisesti toisistaan, voi olla tarpeeksi hyvä suojaus. Hyvänä esimerkkinä tästä on muovieriste purjeventolaitteen ja moottorin välissä.

Tehokas tapa eristää moottori ja vetolaite satamassa galvaanisesta piiristä, on asentaa 2-napainen moottorin-pääkytkin. Moottorin ollessa OFF-asennossa, se katkaisee moottorilta sekä (+) että (-) yhteyden.

Suoja-anodit

Vesirajan alapuolella on useita galvaanisia vaaroja. Esimerkiksi pronssipotkuri tai haponkestävä potkurinakseli nojaavat pysyvästi teräskaulukseen ja usein myös moottoriin, joka on veneen sisällä, mutta jolla voi olla kontakti meriveteen jäähditysjärjestelmän kautta.

Ulkomoottorien vetolaitteet ja purjevervetolaitteet on tehty seoksesta, joka on hyvin alhaalla jännitesarjassa. Ilman suojausta ne ovat vaarassa syöpyä nopeasti.

Jotkut venemoottorit voidaan suojata sisään asennetuilla anodeilla. Moottoriin ja vaihteistoon tulee asentaa vain alkuperäisiä, ohjekirjan mukaisia anodeja.

Sinkkiä käytetään yleisesti teräsosien suoja-anodina. Kevytmetalliseoksesta valmistetuissa vetolaitteistoissa tulee käyttää niihin tarkoitettuja suoja-anodeja.

Anodeja ei saa maalata tai päällystää, ja niiden on oltava hyvässä metallisessa yhteydessä siihen kappaleeseen, jota niiden on tarkoitus suojata. Suoja-anodin metalli tulee raaputtaa näkyviin vetolaitteistosta tai potkurin akselista. Anodit, jotka kiinnitetään muovirunkoon potkurin tai ruorin suojaamiseksi, pitää yhdistää sähköisesti esimerkiksi kuparinauhalla siihen kappaleeseen, jota niiden pitäisi suojata.

Liikkuissa osissa kuten ruorissa ei voi luottaa siihen, että sähköinen yhteys ruorin ohjaimen ja ruorin rungon välillä on tarpeeksi hyvä. Siksi on viisasta yhdistää nämä keskenään johdolla, joka on riittävän pitkä ruorin liikkussa.

Anodit ovat tehokkaimpia, jos raaputtaa silloin tällöin pois niihin syöpyessä syntyneen päällysteen.

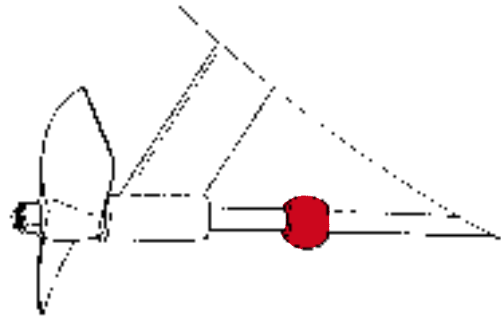
Galvaaninen korrosio on yleensä varsin hidasta. Mikäli suojaus on toteutettu oikein, nyrkkisääntönä on, että suoja-anodeista (sinkeistä) syöpyä kaudessa 50 %. Mikäli sinkki ei kulu, syynä voi olla epäpuhdas anodimateriaali, huono sähköinen yhteys suojattavaan kohteeseen tai ulkoinen vuotovirta.

HUOM. Jos sinkki on merialueilla kauden jälkeen uutta vastaavassa kunnossa, on syytä huolestua.

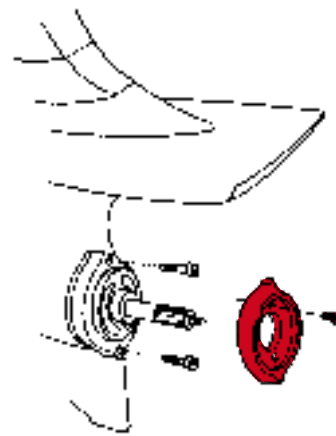
Mikäli sinkki on hävinnyt kokonaan, syinä voi olla liian pieni anodi suhteessa suojattavaan kohteeseen, pettänyt kiinnitys (esim. potkuriakselisinkissä pulttien korvakkeissa on varsin vähän materiaalia) tai ulkoinen vuotovirta, joka on kiihdyttänyt syöpymistä. Tarvittaessa sinkkiä voi lisätä ja kiinnityskorvakkeisiin voi laittaa ohuimpaan kohtaan pienen täplän maalia, jotta korvakkeet eivät syövy pois. Mikäli aikaisemmasta poikkeavaa syöpymistä on tapahtunut, kannattaa pyrkiä selvittämään syyt muuttuneeseen tilanteeseen.

4.2 Vuotovirran aiheuttama korrosio

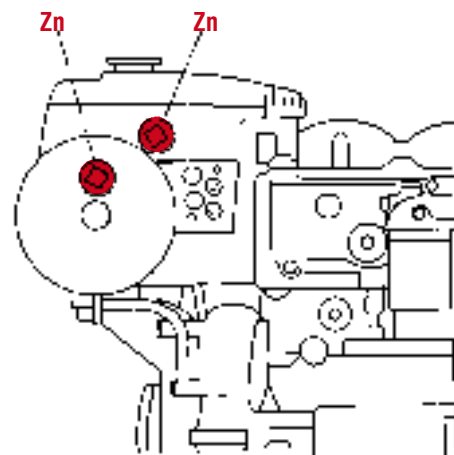
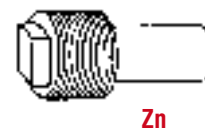
Vuotovirran aiheuttama korrosio on yleensä huomattavasti nopeampaa kuin galvaaninen korrosio. Galvaanisessa parissa jännite on yleensä korkeintaan pari volttia ja virta pieni (milliampeereja). Vuotovirroissa jänniteerot ja virrat voivat olla huomattavia aiheuttaen nopeita muutoksia.



Kuva 4.3. Sinkkianodi potkurin akselissa. Saatavilla on monia versioita kaikkiin standardi-akselinhalkaisioihin.



Kuva 4.4. Erikoisanodit vetolaitteistoa ja potkuria varten.



Kuva 4.5. Moottorin sisään asennettu anodisuojaus.

Pelkästään veneen oman akun voimin voi esim. mastoon syntyä vuotovirran aiheuttamia vaurioita, mutta maasähkön korkeampi jännite aiheuttaa helposti suurempia virtoja ja siten nopeammin näkyviä vahinkoja.

Metallikohteiden välinen jännite-ero siis kiihdyttää syöpmistä. Laiturissa olevat veneet muodostavat kukin itsenäisen ”pariston”, mutta eri veneet voivat myös kytkeytyä sähköisesti toisiinsa, esim. maasähkökaapelin tai laiturirakenteiden kautta. Sähkö pyrkii löytämään aina helpoimman (pienin sähköinen vastus) reitin, jolloin myös syöpyminen nopeutuu.

Yksi helpoimmista reiteistä sähkölle veneiden välillä ovat maasähkökaapelit, jolloin veneet yhdistyvät rannan sähköjärjestelmän kautta kuparijohdoilla toisiinsa. Ongelmaa ei olisi, mikäli kaikkien veneiden välinen suhteellinen jännite (potentiaali) olisi täsmälleen sama; tällöin ei virta kulkisi, eikä siten olisi vaaraa syöpmisellekään.

Todellisuudessa jokainen vene on sähköisesti omassa potentiaalissaan, koska jokaisessa johdossa ja johdon liitoksessa on vastusta. Kun pienikin virta kulkee, niin myös jännitteet eri veneiden väleillä poikkeavat toisistaan. Rantojen maasähköjärjestelmissä tilanne on erityisen huono, koska kaapelivedot ovat pitkiä ja niissä on paljon kosteuden vaurioittamia liitoksia.

Suomalaisessa maasähköliitännässä on suojamaa-, nolla- ja vaihejohto. Maasähkö ja veneen 12 V -järjestelmä eivät saa koskaan olla yhteydessä toisiinsa. Valittavasti tätä ei välttämättä voi helposti todeta, koska sähkölaitteessa yhteys saattaa muodostua esim. kondensaattorin kautta, jota ei voi havaita yleismittarilla.

Nykymääräysten mukaan suojamaa liitetään järjestelmään ryhmäkeskuksessa. Tämän jälkeen suojamaa ja nollajohto on pidettävä erillään toisistaan. Olennaista vuotosähkökorroosiosuojauksen kannalta on, että veneen sisäisestä virtapiiristä ei pääsisi vuotamaan virtaa maasähköjärjestelmän suojamaahan tai nollajohtoon. Esimerkiksi viallinen akkulaturi saattaa yhdistää veneen 12 V -järjestelmän maavirtajärjestelmän kanssa, jolloin moottori ja vetojärjestelmän syöpmisriski on ilmeinen.

Suko-pistokkeessa nollasta ja vaiheesta ei voi olla varma, koska pistoke sopii molemmiin päin. Tällä on merkitystä kun veneissä käytetään sähkölaitteita, jolloin yksittäisten sähkölaitteiden välille veneen sisällä ja naapuriveneissä saattaa muodostua suuriakin potentiaalieroja.

Vene, jolla on sisäisiä korroosio-ongelmia sekä alhaisin potentiaali, ja joka on satamassa huonoimmassa paikassa, toimii ”uhrautuvana anodina”. Ympärillä olevat veneet hyötyvät siitä: ne saavat tietyn suojan tämän veneen kustannuksella.

Jos veneen kaikki 230 V laitteet ovat kaksoiseristetyt (ulkokuori ei ole yhteydessä suojamaahan), on järjestelmä kelluva, eikä se ole mistään kohdin yhteydessä

veneen tasavirtajärjestelmään. Jos kaikissa veneissä käytetään maasähkön syöttöön vain CEE-pistokkeita, nolla-ongelmaa ei ole.

Olennaista siis on, millaisia laitteita veneessä on, miten ne on kytketty toisiinsa ja millaisia järjestelmiä naapuriveneissä on.

Kosteuden poistaminen

Sähkölaitteissa on syytä käyttää vain sellaisia metalleja, jotka ovat korkealla jännitesarjassa. Ne ovat silloin lähtökohtaisesti hyvin suojattuja, mutta suolaisessa ja kosteassa ympäristössä se ei välttämättä riitä. Suoja-spray auttaa usein pitämään kosteuden pois sähkölaitteista.

Spray pitää myös vuotovirrat poissa. Vuotovirtoja voi syntyä sinne, mihin kerääntyy suolaa. Suola varastoi kosteutta ja voi tulla sen verran johtavaksi, että pieniä virtoja kulkee sinne minne ei pitäisi. Se voi ennen pitkää johtaa akkujen tyhjenemiseen.

On erityisen tärkeää suojata kosteudelta ne mittarit, valot ja muut sähkölaitteet, jotka ovat ulkona. Myös moottoritulassa on voimakkaasti vaihteleva lämpötila, joka aiheuttaa helposti kondensoitumista, joka yhdessä suolan kanssa voi aiheuttaa korroosiota. Suojaus on siksi tärkeää myös moottoritulassa.

Galvaaninen eristin eli ”Zinc Saver”

Halvin tapa estää tai ainakin vähentää galvaanista korroosiota maayhteyden kautta, on käyttää galvaanista eristintä. Se kytketään suojamaajohdon kanssa sarjaan veneessä, ja muodostuu periaatteessa kahdesta toisiaan vastaan rinnankytketystä diodista. Ne päästävät silloin virran lävitseen, riippumatta siitä, mihin suuntaan virta kulkee.

Diodin tyypillinen jännitehäviö on 0,7 V, ja tätä juuri tarvitaan. Galvaaninen eristin alentaa maadoitusjännitettä veneessä maahan verrattuna noin 0,7 V. Kun maan ja veneen välillä on tällainen jännitehäviö, ei veneestä toiseen kulje virtaa. Näin pieni jännite-ero ei vaikuta vikavirtasuojaan. Ratkaisu kulkee usein nimellä Zinc Saver, sinkinsäästäjä, koska se estää veneen sinkkinodeja syöpmästä naapuriveneen anodien toimesta ja suojaa veneen omia asennuksia. Zinc Saver -kytkentä on esitetty sivulla 55.

Suojaerotusmuuntaja

Suojaerotusmuuntaja on tehokas tapa vähentää galvaanista korroosiota ja estää vuotovirtoja. Lisätietoja vaihtoehtoista löytyy oppaan Maasähkö-osiosta sivulla 36.

5. Asennusvinkkejä ja vianetsintä

Tässä osiossa käsitellään muutamia tärkeimpiä asennukseen liittyviä asioita sekä esitellään yksinkertaisia ohjeita pienjännitejärjestelmän sähkövikojen paikantamiseen.

5.1 Akut

Akkujen asentaminen

Akut tulee asentaa tukevasti paikalleen ja nesteakut sijoittaa nestetiiviiseen laatikkoon. Mikäli vettä voi joutua akun päälle, on kotelo varustettava kannella. Tuuletuksesta huolehtiminen on tärkeää liiallisen lämmön välttämiseksi.

Johtokytkennöissä kannattaa pyrkiä vain yhden johdinten liittämiseen akunkenkään. Esim. miinusjohtimet kannattaa koota miinuskiskolle, josta tuodaan yksi johdinten akunkengälle. Akunkengän kiristysruuvi ei ole tarkoitettu johdinten liittämiseen.

Akkujen vioista

Tyypillisimpiä akuissa esiintyviä vikoja voivat olla kennojen sulfatoituminen, ikääntyminen ja kenno-oikosulku sekä litiumioniakkujen viat.

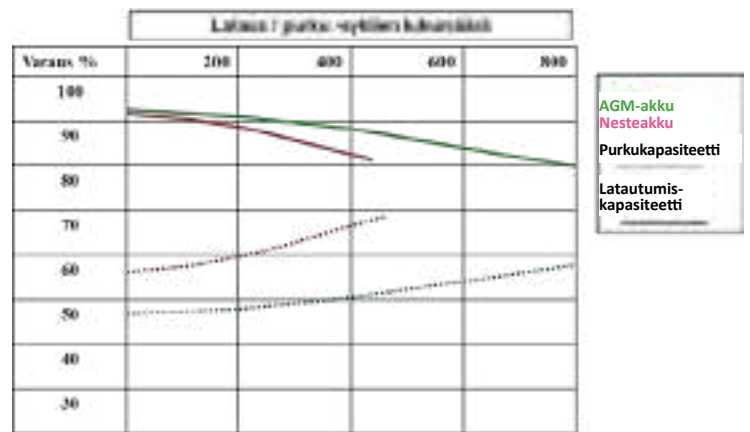
Kennojen sulfatoituminen

Tilanne syntyy, kun akku on aina osittaisessa vajaalatauksessa tai syväpurettu ja jätetty varaamatta pidemmäksi ajaksi. Erityyppisillä akuilla on erilainen riski; nesteakut ovat varsin herkkiä, mutta litiumioniakuilla ilmiötä ei esiinny. Ainoa turvallinen tapa yrittää korjata tilannetta on kytkeä akkulaturi, jossa on sulfatoituneen akun korjausohjelma.

Ikääntyminen

Kaikki akut menettävät kykyään latautua ja antaa virtaa käytön myötä: puhutaan lataus-purku-sykliden määräs- tä. Tähän vaikuttaa akun tyyppi ja rakenne. Nesteakku kestää muutama sata sykliä, litiumioniakku tuhansia. Syynä nesteakkujen ikääntymiseen on se, että niissä osa aktiivisesta massasta on pudonnut akkukotelon pohjalle, eikä sitä saada palautettua kennoille lataamalla. Kennot ovat myös saattaneet osin sulfatoitua. Laboratorio-olosuhteissa on havaittu hyvän lyijy-akun (josta ei oteta virtaa ja johon on liitetty ylläpitolataus) menettävän joka tapauksessa noin 3 % kapasiteetistaan vuosittain.

Todellisessa käyttötilanteessa vuosittainen kapasiteetin menetys voi helposti olla 5 - 10 %. Yksi syväpurkaus ja akun jättäminen lataamatta pitkäksi aikaa voi alentaa kapasiteettia 10 %.



Kuva 5.1. Neste- ja AGM-akkujen lataus-purku-sykliden lukumäärä on rajallinen.

Ilmiölle tunnusomaista on, että akku näyttää esim. happo- ja volttimittarilla täydeltä, mutta jännite romah- taa nopeasti käytön myötä.

Käynnistysakun ikääntymisen voi helposti todeta ra- situskokeella:

- käynnistysakun lepojännite 12,7 V
- estä koneen käynnistyminen ja yritä käynnistää; jännite 11 - 10,5 V
- jos lepojännite palaa takasin 12,7 V muutamassa minuutissa, on akku ok

HUOM. Uudemmissa moottoreissa on viisainta käyt- tää oikeaa rasiusmittaria ohjeiden mukaan, koska ko- neen käynnistymisen estäminen kotikonstein voi olla jopa vahingollista.

Varusteakun kapasiteetin aleneminen ilmenee käyt- töajan lyhentymisenä; esim.

- akuston nimelliskapasiteetti 200 Ah
- käytettävissä oleva kapasiteetti uutena 50 % = 100 Ah, jonka laskettu riittävän 24 tunnin käyttöön
- akuston ikääntymisen aiheuttama kapasiteetin alenema vuosittain 5 %

Ikä (vuotta)	Käytävissä oleva kapasiteetti (Ah)	Käyttöaika (tuntia)
0	100	24
2	90,2	21,6
4	81,5	19,5
6	73,5	17,6

Kun akut ikääntyvät, tulee aina kaikki samaan akus- toon kuuluvat sulfatoituneet ja ikääntyneet akut vaihtaa. Jos vaihdetaan vain yksi uuteen, eroaa sen kemia täysin muista ja lopputuloksena on kaikkien akkujen ennen- aikainen ikääntyminen tai pahimmillaan vahingoittu- minen. Tilapäisesti voi kytkeä rinnan hiukan erilaisia lyijyhappoakkuja.

Kenno-oikosulku

Joskus syntyy tilanne, jossa yksi akun kennoista menee ns. sisäiseen oikosulkuun. Tällöin menetetään yhden sarjaan kytketyn kennon jännite (2,12 V). Volttimittari näyttää lepojännitteenä n. 10,5 V ja latausjännitteenä koko ajan tyhjän akun latausjännitettä (esim. nesteakulla n. 13,5 V). Ampeeri- ja akunvalvontamittarit näyttävät korkeaa virtalukemaa, käytännössä lähes laturin täyttä tehoa.

Kenno-oikosulku on vakava häiriö.

Oikosulun sattuessa:

- lopeta lataus, etsi viallinen akku ja kytke se irti
 - käännä pääkytkimet OFF-asentoon
 - kytke miinus-kaapelit irti kaikkien akkujen miinus-navoista
 - mittaa jännitelukemat kultakin akulta plus ja miinus napojen välistä esim. yleismittarilla
 - jos jännite on n. 12 V – akku on vielä ok
 - jos jännite on n. 10,5 V – akku on lopullisesti rikki
- HUOM. Viallista akkua ei saa enää kytkeä mukaan akkupiiriin.

Jos varusteakkuja on useampi ja vika on yhdessä niistä, voi muiden avulla jatkaa matkaa. On kuitenkin syytä tehdä lopuillekin rasiutestit, jotta tiedetään etteivät ne ole vahingoittuneita. Jos vioittunut akku on aivan uusi ja rasiutestit kertoo muiden saman ikäisten akkujen olevan kunnossa, voi riittää vain vioittuneen akun vaihtaminen.

Litiumioniakkujen viat

Myös litiumioniakut ikääntyvät käytössä. Korkeat säilytys-, käyttö- ja latauslämpötilat nopeuttavat ikääntymistä. Väärä latausohjelma on sekä vaarallista että saattaa tuhota akun yhdellä kertaa.

Vikaantumiseen johtaa myös akun lataamisen unohtaminen, kun valvontaelektronikka on katkaissut virran syötön ulos. Valvontaelektronikka kuluttaa edelleen virtaa ja tyhjentää akun lopullisesti. Akku on todennäköisesti menetetty ja sen elvyttäminen on vaikeaa ja vaarallista.

5.2 Latauksen määrän arviointi

Jotta akkujen suunniteltu kapasiteetti olisi käytettävissä, tulee akkujen latauksen riittävyys varmistaa. On hyvä muistaa, että vain harvoin akut saadaan täyteen moottorin laturilla; liikuttaessa on aina myös kulutusta. Mikäli päästään 90 - 95 % varausasteeseen, on tilanne hyvä.

Saadaanko laturista riittävä jännite ja onko sen tuottaman virran määrä oikeassa suhteessa akkukapasiteettiin, eli riittääkö laturin tuottama virta lataamaan akut sinä aikana, kun moottoria keskimäärin käytetään?

Perinteisesti 1980-luvun pikkudieseleissä on käytetty 40 - 60 A latureita, jotka riittävät kohtuudella, jos varus-

teita on suhteessa 1980-luvun vaatimuksiin. Tänä päivänä vastaavissa moottoreissa on 100 A laturit ja isojen huvimoottoriveneiden moottoreissa jopa 160 A laturit. Itse moottorin elektroninen valvonta ja sähköisesti ohjattu ruiskutus saattavat viedä 50 A virtaa. Tämän päivän diesel-moottoritkaan eivät toimi ilman sähköä.

Moottorin laturin ja maasähkölaturin koko

Tarkastelun lähtökohtana on oheinen taulukko:

$$\text{Teho } W = U \times I \quad \rightarrow \quad \text{Virta } I = W / U$$

	Kpl	Teho / virta a ¹⁾	Virta A perinteinen tekniikka	Virta A uusi tekniikka
Perinteiset lamput	8	10 W / 0,8 A	6,4 A	
Led-lamput	8	3 W / 0,25 A		1,9 A
Stereot	1	10W / 0,8 A	0,8 A	0,8 A
VHF Standby	1	4 W / 0,5 A	0,4 A	0,4 A
TV Perinteinen	1	100 W / 8 A	8 A	
TV LED	1	40 W / 3,4 A		3,4 A
Jääkaappi perinteinen ¹⁾	1	120 W / 10 A	5 A	
Jääkaappi vesijäähd. ¹⁾	1	60 W / 5 A		2,5 A
Lämmityslaitte	1	70 W / 5,8 A	5,8 A	5,8 A
Navigointi instrumentit	1	80 W / 6,6 A	6,6 A	6,6 A
Yhteensä			33 A	21,5 A

¹⁾ Virrankulutuksessa ajatellaan että käyntiaika on 50 %. Käyntiaikaan vaikuttaa lauhdutuksen tehokkuus.

Seuraavan sivun taulukosta selviää, miten lataus riittää eri vaihtoehdoissa.

Latausjännite

Mikäli latausjännite ei akun navoilla nouse riittävän korkealle, jää akku vajaalataukseen. Tähän vaikuttaa:

- laturin antama jännite
- johdinten läpimitta ja pituus suhteessa niiden läpi kulkevaan virtaan
- akkukaapeleiden pituus
- mistä laturi mittaa ohjausjännitteen.

Seuraavassa käydään läpi toimenpiteitä ja tarkistuksia, joilla vajaalatautumisen syytä voi selvittää.

HUOM. 0,2 V erolla on merkitystä.

	Max Lataus virta A	Moott. Virran kulutus A	Kulutettu virta perint. tekn.	Kulutettu virta uusi tekn.	Akkujen lataukseen perint. tekn	Akkujen lataukseen uusi tekn.
Moottorin generaattori						
perinteinen tekniikka	110 A	15 A ¹⁾	33 A ²⁾		62 A	
uusi tekniikka	110 A	15 A ¹⁾		21,5 A	73,5 A	
Maasähkölaturi						
perinteinen tekniikka	40 A		33 A ²⁾		7 A	
uusi tekniikka	40 A			21,5 A		18,5 A

¹⁾ Moottorilla liikuttaessa latausvirta riittää, mutta riittääkö aika? Nykyaikainen suorasuihkutusmoottori saattaa kuluttaa 40 A.

²⁾ Maasähkölaturin kokoa arvioitaessa on huomioitava käytettävissä oleva aika sekä jatkuvasti päällä olevien kulutuslaitteiden virrantarve.

Laturin antama jännite

Laturin jännitteen laskun syinä voivat olla esimerkiksi hiilien ja niiden vastepinnan kuluneisuus, lika, tai huonot kontaktit. Varmin tapa selvittää asia on testauttaa laturi ja säädin, ja teettää samalla niille säätö ja huolto.

Johdinten läpimitan vaikutus

Johdinten pituus ja läpimitta vaikuttavat latausjännitteeseen. Tarkastellaan asiaa esimerkkien kautta:

Esimerkki 1:

- laturin max. virta $50 \text{ A} = 13,7 \text{ V} \times 50 \text{ A} = 685 \text{ W}$
- johdinten yhteispituus 1 m
- johdinten poikkipinta minimi 6 mm^2 ; suositus 10 mm^2
-

Esimerkki 2:

- laturin max. virta $110 \text{ A} = 13,7 \text{ V} \times 110 \text{ A} = 1507 \text{ W}$
- johdinten yhteispituus 1 m
- johdinten poikkipinta minimi 25 mm^2

Esimerkeissä 1. ja 2. oletetaan, että laturin plus-johdin on kytketty käynnistysmoottorin plus-napaan, josta lataus edelleen menee pääkytkimen kautta akulle n. $35 - 50 \text{ mm}^2$ johtimella. Mikäli laturin plus-johdin menisi jakodiodille ja sieltä edelleen akuille, vaatisi esimerkki $1,25 \text{ mm}^2$ johtimen, kasvaneesta johdinten pituudesta johtuen.

Liitosten ja liitinten huono kunto heikentää merkittävästi latausjännitettä. Ne onkin syytä aika ajoin puhdistaa. Ajan ja tärinän seurauksena kuparijohtimet kovetuvat, joka johtaa yksittäisten säikeiden katkeamiseen. Näennäisesti kunnossa olevan johtimen poikkipinta pienenee tällöin merkittävästi.

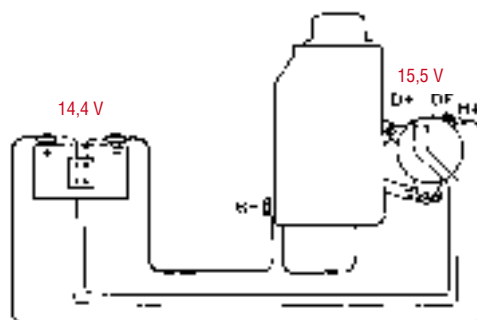
Akkukaapeleiden pituus

Akkukaapeleissa liikkuu veneiden suurimmat virrat. Kaapelit kannattaa pitää mahdollisimman lyhyinä. Jokaisella turhalla metrillä on vaikutusta jännitteeseen. Jos etäisyydet käytettävyyden takia kasvavat, kannattaa harkita etäohjattavia pääkytkimiä.

Ohjaujännitteen mittauspisteen siirto

Kun yllä kerrotut tarkastukset ja huoltotoimet on tehty, ja edelleen halutaan parantaa ohjausta vanhalla laturilla, voidaan harkita ohjaujännitteen kytkentäpisteen viemistä lähemmäksi akkua. Tällöin on edelleen tärkeää, että varsinaiset latauskaapelit pidetään lyhyinä.

Ideana on, että säädin seuraa jännitettä akun navoilla ja nostaa tarvittaessa laturin jännitettä kompensoidakseen jännitehäviön johtimissa. Tyypillinen jännitteen alenema laturin ja akun välillä on $0,5 - 1,2 \text{ V}$. Jos laturista tulee $14,4 \text{ V}$, on jännite akun navoissa $13,2 - 13,9 \text{ V}$. Silloin akku ei koskaan lataudu täyteen. Parhaassa tapauksessa sisään saadaan vain kolme neljäsosaa kapa-



Kuva 5.2. Tässä säädin seuraa akkua ja ottaa huomioon jännitteen aleneman. Laturin pitää tuottaa niin suuri jännite, että se on tarpeeksi suuri akun navoissa.

siteetista. Kun säädin seuraa akun napoja, se kompensoi jännitteen aleneman laturin ja akun välillä. Esimerkiksi edellä kuvatussa tilanteessa se säätää jännitteen 15,5 tai 14,9 volttiin, jotta jännite olisi akun navoissa 14,4 V.

HUOM. Uusissa meridieseleissä käytetään paljon CAN-väyläohjausta, jolloin säätimen siirto ei onnistu.

Muita tapoja tehostaa latausta

Ohjelmoitava latauksen säädin

Käytännössä mitään latureita ei ole tehty varsinaisesti veneiden erityistarpeita varten. Ne toimivat kohtuullisesti veneessä, mutta tarvittaessa toimintaa voidaan optimoida. Optimointia varten moottorin laturin oma säädin kytketään irti, ja tilalle asennetaan PC:llä ohjelmoitava latauksen säädin. Tällöin säätimen latauskäyrä sovitetaan vastaamaan akun latautumiskäyrää. Mikäli akkutyypin siltä vaihtuu, tulisi säädin ohjelmoida uudelleen. Näissä säätimissä on usein myös lämpötilakompensointi.

Tehokkaampi laturi

Kun veneelle kertyy ikää ja sitä varustellaan lisää, saatavat akku- ja latauskapasiteetti loppua kesken. Akkukapasiteettia kasvatettaessa täytyy myös latauskapasiteettia suurentaa. Nykylatureiden mallisto on laaja, ja sopiva laturi löytyykin varmasti. Uusissa vaihtovirtalatureissa on sisäänrakennettu jännitesäädin ja usein myös ohjausliitäntä erotusdiodeille. Myös kaapelit tulee mitoittaa ja vaihtaa vastaamaan suurempia virtoja. Erittäin tärkeää on myös huolehtia että kiila- tai moniurahihnassa on riittävä kitka suuremman laturin pyörittämiseen. Ylikiristäminen ei ole ratkaisu!

Litiumioniakut ja moottorin laturi

Tavanomaiset laturit on ensisijaisesti suunniteltu lataamaan yleistä lyijyhappokäynnistysakkua ja vastaavan tyyppisiä varusteakkua. Näille akuille on tyypillistä, että latausvirta on ensin suuri ja laskee varaustilan noustessa; laturin rasitus laskee varsin nopeasti.



Kuva 5.3.

Laturi käyttää usein samaa hihnaa kuin vesipumppu. Latauksen aikana laturin pyörittäminen on niin raskasta, että hihnan pitää olla kireällä. Kireys on sopiva, kun hihnaa voi painaa noin 1 cm sisäänpäin.

Litiumioniakkujen nopea latautuminen perustuu siihen, että ne kykenevät ottamaan vastaan suurta virtaa (esim. 50 - 90 A), mikäli laturi kykenee sen tuottamaan.

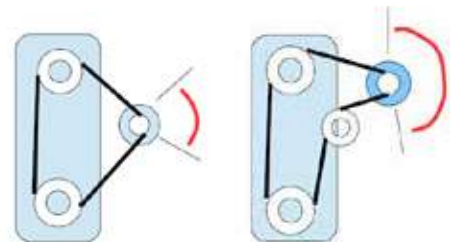
Laskelma litiumioniakkujen latauksesta veneen ollessa kulussa:

- koneen laturin max latausvirta 110 A
- litiumioniakusto 2 x 100 Ah = käytettävissä oleva kapasiteetti 90 % = 180 Ah
- oletetaan, että käytettävissä oleva kapasiteetti on käytetty
- max latautusvirta esim. 50 A/akku = yhteensä kahdelle akulle 100 A
- muu kulutus kulussa - kone, varusteet - 30 A
- akkujen lataamiseen jää 110 A - 30 A = 80 A
- teoreettinen litiumioniakkujen latautumis aika täyteen 180 Ah/80 A = 2,5 h (käytännössä 3 - 4 tuntia)

Yllä olevasta laskelmasta nähdään, että akusto kykenisi latautumaan suuremmalla virralla kuin mitä muun kulutuksen jälkeen jää käytettäväksi. Toisaalta koneen laturi käy täydellä teholla käytännössä koko latautumisajan. Tavanomaisia latureita ei ole tähän suunniteltu ja ne saattavatkin kuumeta merkittävästi, jolloin vetohihna on lujilla.

Järjestelmää voidaan parantaa kahdella tavalla:

1. Säilytetään käytössä oleva laturi, mutta lisätään akkujen latauspiiriin akusta-akkuun-laturi, jolla voidaan rajoittaa litiumioniakuille menevää latausvirtaa siten, ettei laturi ole ylikuormitus-tilassa. Tällä järjestelyllä litiumioniakkujen latausaika pitenee.
2. Vaihdetaan suurteholaturiin, joka on suunniteltu käymään suurella kuormalla pidempiä aikoja. Laturin virrantuoton tulisi ylittää kokonaistarve. Edellä olevassa laskelmassa akkujen maksimivarausvirta 100 A lisättyinä varusteiden ja koneen tarpeella 30 A = 130 A, joka vaatii 150 A laturin. Tässä parannusvaihtoehdossa on varmistuttava siitä, että vetohihnan vetokitka varmasti riittää. Katso kuva 5.4.



$$64 \text{ A} \times 13,5 \text{ V} = 0,864 \text{ kW} = 1,2 \text{ hv}$$

$$110 \text{ A} \times 13,5 \text{ V} = 1,485 \text{ kW} = 2,0 \text{ hv}$$

64 A -> 110 A = tuplapaksut kaapelit

Kuva 5.4. Laturin tehon kasvaessa on huolehdittava vetohihnan riittävästä kitkasta.

5.3 Johtimet, liitokset ja niiden asennus

Veneen sähköjärjestelmää suunniteltaessa on huomioitava erilaisten veneiden ja niiden käytön asettamat vaatimukset. Oppaan takana on kaksi esimerkinomaista kytkentäkaaviota. STEK ry:n verkkosivuilta (www.stek.fi) löytyy muita esimerkkejä kytkennöistä.

Syöttövirta

Jotkin laitteet käyttävät toimiessaan merkittävästi enemmän virtaa kuin ollessaan valmiustilassa. VHF käyttää paljon sähköä lähetystilassa isolla teholla (25 W) ja sen kantama ja kuuluvuus heikenee oleellisesti, jos jännite on huono. Siksi on hyvä viedä VHF:lle vähintään 6 mm² johto, etenkin jos etäisyys on pitkä. Jos akkujen varaus on alhainen ja tilanne sitä vaatii, kannattaa käynnistää kone riittävän virran saannin varmistamiseksi.

Vaikka automaattiohjaus keyvellä kelillä vie suhteellisen vähän virtaa, niin raskaissa olosuhteissa tilanne muuttuu oleellisesti. Virransyöttö pitää mitoittaa autopilotin maksimikuormalle, mikä saattaa olla 40 - 60 A. Kytkinpaneelin kytkimet eivät yleensä kestä tällaisia virtoja, joten kytkimellä ohjataan relettä, jonka läpi varsinainen autopilotin syöttövirta menee. Tarvittavien johtojen läpimitta selviää johdinmonogrammista, katso kuva 5.5.

Johdotuksen suunnittelu ja veto

Veneen sähköjärjestelmän tarkoituksenmukainen käyttöikä on rajallinen. Hyvin suunnitellun ja laadukkailla materiaaleilla toteutetun järjestelmän käyttöikä voi olla kymmeniä vuosia. Aika ja olosuhteet tekevät kuitenkin tehtävänsä. Toisaalta tarpeet muuttuvat ja lisääntyvät, ja järjestelmän suorituskyky, laajennettavuus tai liitettävyys ei välttämättä enää riitä. Silloin on aika tehdä sähköjärjestelmän peruskorjaus.

Johtoreitit

Johtimet eivät ole ikuisesti vesitiiviitä. Ne kannattaa vetää siten, etteivät ne jatkuvasti ole vedessä. Kannen ja rungon kulma tai kajuutan katto eivät altista johtimia vedelle samalla tavalla kuin esimerkiksi pilssi.

Johdotuksen rakenne

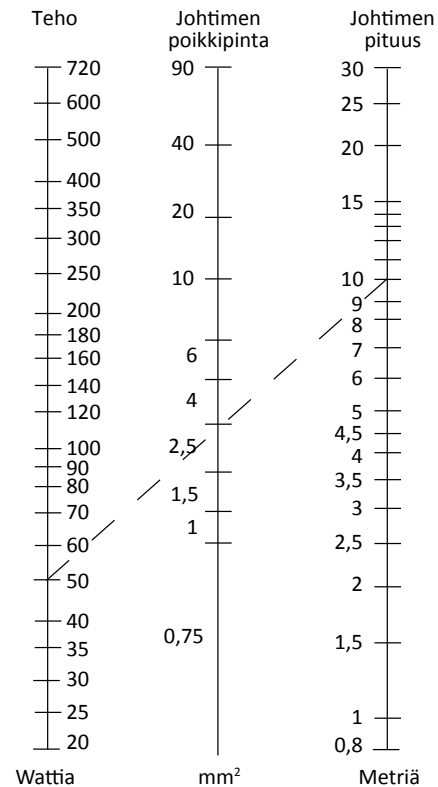
Kun yksittäiselle laitteelle tai valaisimelle vedetään syöttökaapeli, on hyvä käyttää kaksoiseristettyä pari-kaapelia. Tällaisessa kaapelissa on värikoodatut - usein keltainen ja punainen - virtajohtot, ja niiden ympärille

erillinen yhteinen suojakuori. Johto on mekaanisesti luja ja kulutusta kestävä.

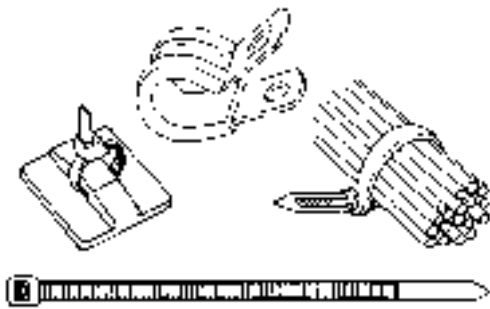
Mikäli johtoja vedetään enemmän, voidaan johtonippu tehdä yksittäisistä johdoista (plus- ja miinuskaapeleita pareittain) ja pujottaa ne johdonsuojasukkaan. Mikäli johtonippu altistuu vedelle, kannattaa johdonsuojasukaksi valita vedenpitävä muovisukka. Johtonipun yksittäiset johdot kannattaa merkitä ennen pujotusta suojasukkaan. Johdonsuojasukka on varsin sitkeää, sietää liikuttelua eikä halkea pakkasessa.

Käytännössä veneen johdotuksessa ei alle 1,5 mm² johtoa kannata käyttää missään, vaikka laitteen virran tarve olisikin pieni. Tätä puoltaa jo pelkästään johdon mekaaninen kestävyys sekä soveltuvuus pienille puristusliittimille.

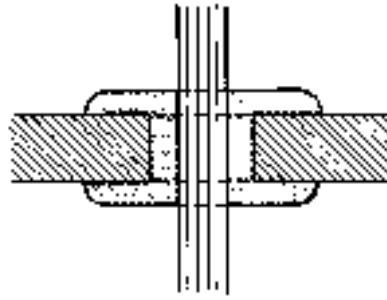
Johtojen on oltava kunnolla suojattuja ja kiinnitettyjä siten, etteivät ne liiku. Saatavilla on hyviä kiinnitystarvikkeita, mutta parasta on asentaa muoviputkia ja johtokanavia aina kun mahdollista, ja viedä johdot niitä pitkin. Kiinnikkeiden naulat tai ruuvit tulee vaihtaa messinkisiksi tai mieluiten haponkestäviksi.



Kuva 5.5. Yllä oleva momogrammi kertoo johdon poikkipinnan riippuvuuden johdon pituudesta ja siirrettävästä tehosta. Kun yhdistetään viivalla reunimmaisilla asteikoilla olevat tehoa ja johdon pituutta esittävät pisteet, saadaan viivan ja keskimmäisen asteikon leikkauspisteestä tarvittava poikkipinta. Esimerkiksi kuvan katkoviiva kertoo, että tarvitaan poikkipinnaltaan 2,5 mm² paksuinen johdin siirtämään 50 wattia 10 metriä. Huomaa, että virran pitää kulkea edestakaisin, eli johtimen pituus pitää kertoa kahdella.



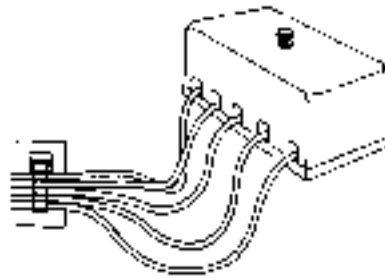
Kuva 5.6. Johtojen kiinnitykseen tarkoitettuja nippusiteitä ja eristetty klemmari.



Kuva 5.8. Johdon läpivienti laipiossa.



Kuva 5.7. Siististi kiinnikkeillä toteutettu johdotus veneen laidalla.



Kuva 5.9. Perinteinen kytkentärasia.



Kuva 5.10. Kaksi eri riviliitinvaihtoehtoa. Ylemmässä on myös lattasulakkeet ja sulakkeiden palamista ilmaisevat ledit.

Johdot kiinnitetään tasaisin välimatkoin. Hyvä nyrkisääntö on noin 20 cm kiinnikkeiden välillä.

Irralliset johdot tulee sitoa jäykäksi ja tiiviiksi nipuksi. On kuitenkin hyvä muistaa, että yksittäisen johdon voi joskus joutua myös vaihtamaan.

Aina kun johto menee laipion läpi, se pitää suojata hankautumiselta ja teräviltä reunoilta. Kannattaa käyttää autotarvikkeina myytäviä kumisia läpivientejä tai polyuretaania.

Silikonia käytettäessä tulee varoa, ettei sitä joudu suoraan kupariin, koska sen liuotinaineena käytetty etikahappo syövyttää kuparia.

Johtoja ei koskaan saa asentaa pysyvästi veteen. Pilsisiin asennusta tulisi myös välttää.

Veneenrakentajat tekevät usein johdot liian lyhyiksi. Kun omassa veneessä tekee muutostöitä, kannattaa joihtoihin aina jättää hiukan ylimääräistä pituutta. Huoltovara antaa mahdollisuuden kuoria ja vaihtaa kytkentää monta kertaa.

Merkinnät

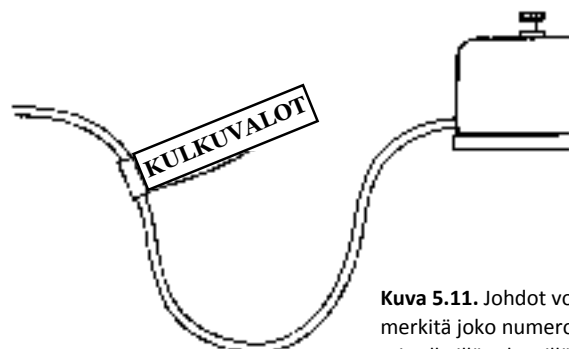
Merkinnät johtimiin kannattaa tehdä sekä sulaketaulun puoleiseen päähän että laitepäähän. Jos merkinnät puuttuvat, kannattaa ne tehdä itse, kun on tutustunut asennukseen ja tietää mikä johto vie mihinkin. Johtojen merkintään löytyy myös erikoistarvikkeita, joita voi hankkia sähköliikkeistä.

Tavallinen eristysnauha erilaisine väreineen ei ole sopivaa merkintään, koska sen liima liukenee. Sen sijaan voi käyttää maalarinteipistä tehtyjä liuskoja, jotka kiinnitetään joka johtoon siten, että niihin voi kirjoittaa.

Tarrakirjoittimien teipit kaksin kerroin puristettuina, liimapinnat vastakkain, kestävät myös johdoissa.

Merkit kannattaa sijoittaa sen verran kauas johdon päästä, etteivät teippi turmellu, kun kytkentöihin ruiskutetaan suoja-aineita. Tällainen liuska pysyy kunnossa vuosikausia ja sen voi helposti vaihtaa, jos kytkentöjä muutetaan. Johdot voi merkitä myös niihin pujotettavilla erivärisillä muovisukilla tai sähköliikkeestä saatavilla numeronauhoilla.

Myös sulakerasiat tulee merkitä; mille laitteelle ja johdolle kukin sulake on.



Kuva 5.11. Johdot voi merkitä joko numeroilla tai selkeillä teksteillä.

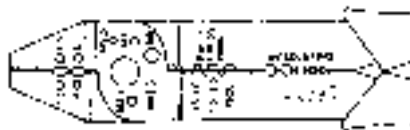
Rasia 1

1	Kulkuvalo	Sin 1
2	Moottorin valo	Musta 1
3	Ankkurivalo	Rusk 1
4	Ankkurivalo	Sin 2
5	Kansivalo	Pun 1
6	Sisävalo 1	Pun 2

Rasia 2

1	Sisävalo 2	Musta 2
2	Jääkaappi	Pun 3
3	Lämmityslaite	Pun 4
4	VHF	Musta 3
5	Mittarit	Sin 3
6	Stereot	Sin 4

Kuva 5.12. Merkinnät sulakerasioissa.



Kuva 5.14. Yksinkertaiset puristusliitospihdit, joilla voi myös kuoria ohuempia johtoja.



Kuva 5.15. Kalliimmilla erikoispihdeillä syntyy aina samanlainen puristusliitos, eivätkä pihtien leuat riko eristettä.



Kuva 5.16. Paksumpia kaapeleita (6 - 50 mm²) varten tarkoitetut käsikäyttöiset puristuspihdit.

Ulos asennetut johdot

Ulos asennettavat sähkövarusteet, esimerkiksi valot, pitää asentaa siten, että estetään veden pääsy laitteeseen. Ulkona oleviin valaisimiin ja laitteisiin johdot viedään sisään alapuolelta. Johtoon tulee lisäksi jättää lenkki, niin ettei se jää kireäksi, ja ettei vettä pääse valaisimeen tai mittariin johtoa pitkin.

Silikoni ja polyuretaani ("Sikaflex") eivät ole niin tiiviitä kuin kuvitellaan. Ne saattavat irrota tai murtua, ja päästää vettä sisään. Itse vulkanoituvat teipit muodostavat pitkäikäisen, kimmoisuuutensa säilyttävän suojauksen.

Starttimoottorin johto

Moottori on asennettu paikalleen joustavasti. Kumityynyjen päällä oleva moottori värähtelee käydessään ja heilahtaa käynnistettäessä ja pysäytettäessä. Varsin tavallinen virhe on pääplussajohdon vienti suoraan laipion läpi starttimoottorille. Tästä seuraa, että johto tärinässä taipuessaan saattaa murtua kaapelikengän kohdalta. Starttikaapeli tulee kiinnittää moottoriin käyttäen kumisuojujattuja klemmareita.



Kuva 5.13. Kulkuvalon johtimen kuoreen tehty pieni reikä päästää sisään kertyneen veden ulos.

Liitoksista

Kun veneen sähkölaitteisiin tehdään muutoksia, on sähköliitäntöjen huolellinen tekeminen tärkeää. Koska jännite on pieni ja virrat vastaavasti suuria, pitää johtimien ja liittimien poikkipintojen olla oikein mitoitettuja. Liitokset ovat merkittävä vikojen aiheuttaja veneen sähkölaitteistossa. Kun liitokset tehdään asianmukaisesti oikeilla liittimillä, vältetään monelta ongelmalta.

Juotokset

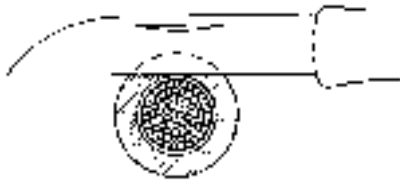
Aiemmin juotosliitokset olivat yleisiä ja niitä pidettiin hyvinä. Jopa johtojen päät tinattiin, kun ne kytkettiin yhteen jonkin muun materiaalin kanssa. Juotostina sisältää juotostahnaa (happoa). Kosteassa ja suolaisessa ympäristössä se aiheuttaa kupariin korroosiota siellä missä tina loppuu. Lisäksi kuparista tulee tinauskoh-



Kuva 5.17. Erilaisia kaapelikengkiä.



Kuva 5.18. Eristeiden kuorimiseen tarkoitetut kuorimapihdit eivät vaurioita kaapelia.



Kuva 5.19. Eristettä veitsellä poistettaessa on varottava, etteivät kaapelin säikeet vahingoitu.

dassa täysin jäykkää, ja tuloksena on jyrkkä siirtymä pehmeään, tinaamattomaan kupariin. Kupari kovettuu, kun sitä liikutetaan ja siihen missä tina loppuu, syntyy helposti katkos. Juottamalla tehtäviä liitoksia tulisikin veneessä välttää.

Puristus- ja kutistusliitokset

Sähkö- ja autotarvikeliikkeissä on tarjolla erilaisia puristusliitoksiin soveltuvia kaapelikenkiä ja jatkoshylsyjä. Saatavilla on myös valmiita sarjoja, jotka sisältävät laatialiittimiä, haarotusliittimiä, haarukkaliittimiä, pyöreitä liittimiä, rengaskaapelikenkiä, jatkoshylsyjä, jne. Lisäksi tarvitaan asianmukaiset puristuspihdit.

Kuvan 5.14. kaltaiset pihdit vaativat jo hieman taitoa, mutta kuvan 5.15. pihdeillä kunnollinen puristusliitos syntyy helposti. Tällaisilla pihdeillä syntyy ohjattu muodonmuutos 75 %:iin, eivätkä pihdit aukea, ennen kuin paine on oikea.

Kuvan 5.16. tyyppisiä pihtejä tarvitaan muun muassa akkukaapeleiden päätteiden puristamiseen. Ilman eristystä olevat liittimet, jotka työnnetään IP67 liitinrunkoon, vaativat omat pihtinsä.

Kaapelikengät

Puristettavalla kaapelikengällä on monia etuja. Niillä on värikoodi poikkipinnan mukaan. 1,5 mm² on punainen, 2,5 mm² sininen ja 6 mm² keltainen.

Suuresta valikoimasta löytää varmasti tarvitsemansa. Myös korroosiosuojauksen teko on helppoa.

Oikea eristeen poisto

Tehdäänpä millainen liitos tahansa, liitoskohdasta pitää poistaa eristys. Eriste on usein tiukassa ja sitä voi olla vaikeaa saada pois. Käytä ohuiden johtimien (0,75 - 6 mm²)

kuorimiseen mieluiten oikeita kuorimapihdejä (esim. kuva 5.18.). Niitä löytyy useimmista sähkö- ja autotarvikeliikkeistä. Ensin mitataan, kuinka pitkästi eristettä pitää poistaa (mielellään muutama millimetri liikaa kuin liian vähän). Seuraavaksi asetetaan johdin kuorimapihdin johtimen poikkipintaa vastaavaan kuorintakoloon, puristetaan pihtejä ja vedetään eriste pois.

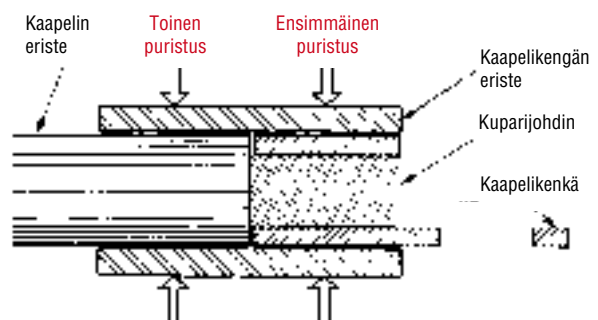
Paksumpia kaapeleita (8 - 150 mm²) varten tarvitaan veitsi. Työ aloitetaan tekemällä viilto varovasti veitsellä eristeen ympäri ja ottamalla eristepala pois pihtien avulla. Huomaa, että viillosta tulee helposti liian syvä. Tällöin johdin voi vahingoittua tai kuparilankoja leikkautua poikki, jolloin tuloksena on alentunut poikkipinta. Ei siis kannata leikata aivan kupariin asti, vaan antaa pihtien hoitaa loput. Mittaa paljastetun johtimen oikea pituus ja leikkaa ylimääräinen osa pois. Kun pituus on oikea, ei liitoksesta saa näkyä paljasta kuparia.

Oikea puristusliitos

Kaapelikengän kytkentähylsyn päällä oleva eristys työnnyttävä takareunalla muutaman millimetrin kytkentähylsyn ulkopuolelle. Tämä tulee ottaa huomioon johtimien eristettä poistettaessa. Vapaata kuparia pitää olla niin paljon, että koko hylsy kaapelikengässä täyttyy, ja johdon eriste tukeutuu kenkään, kun kupari on kokonaan hylsyn sisällä.

Kuvan 5.14. pihdeillä tehdään ensin puristus hylsyn päältä siten, että se muuttuu muotoaan ja tarttuu kupariin. Sen jälkeen siirretään pihdit taaksepäin ja puristetaan kaapelikengän eristyksen päältä. Muovin ominaisuuksiin kuuluu, että siihen jää pysyvä muodonmuutos ja se tarttuu johdon eristeeseen. Kuvan 5.16. pihdit tekevät nämä molemmat vaiheet yhdellä kertaa.

Johtopäätteitä on saatavissa myös lämpösukalla varustettuina. Ensin tehdään puristusliitos pihdeillä, sitten lämmitetään suojasukkaa, kunnes se supistuu tiukasti päätteen ja johdon liitoksen päälle. Tällainen liitos pitää veden ulkona paremmin kuin pelkkä puristusliitos.



Kuva 5.20. Oikein tehty kaapelin kuorinta ja kaapelikengän puristuskohdat.

Kun puristusliitos on tehty oikein, tuloksena on pysyvä ja toimiva liitos, joka vastaa myös johdon poikkipintaa. Jos halutaan täydellistä tulosta, kaapelikenkään ruiskutetaan vielä korroosionestoainetta. Pieni suihkaus oikein suunnattuna tekee liitoksesta korroosionkestävän.

5.4 Varokkeet, laitevarokkeet ja kytkimet

Kaikki johtimet tulee varustaa johdonsuojavarokkeella. Varokkeet tulee asentaa johtimen lähtöpäähän eli sinne mistä niihin syötetään virta; tyypillisesti pienjännitepuolen sähköpääkeskukseen.

Varoke voi suojata joko johdinta (esim. johdin vie sähkön valaisimelle) tai laitetta (esim. VHF-puhelin). Varokkeen pitää olla heikoin lenkki ketjussa: sen pitää ensimmäisenä palaa tai automaattisulakkeen laueta ja katkaista virtapiiri. Virtapiiri tai laite, jota ylikuormitetaan, lämpenee, ja johdot ja laite saattavat vahingoittua ja lopulta syttyä palamaan. Sulakkeet palavat tai laukeavat kahdesta syystä, joista molemmat ovat yhtä tavallisia:

1. Johtoa ylikuormitetaan liian suurella virralla. Liian monta tai liian suurta sähkölaitetta on käytössä yhtäaikaa.
2. Piirissä on täysi tai osittainen oikosulku.

Kun jossain johtimessa havaitaan ylikuormitus, pitää kytkettyä tehoa vähentää. Kuormitus pitää jakaa useammalle johdolle ja varokkeelle. Oikosulun tapahtuessa tulee etsiä vika ja korjata se.

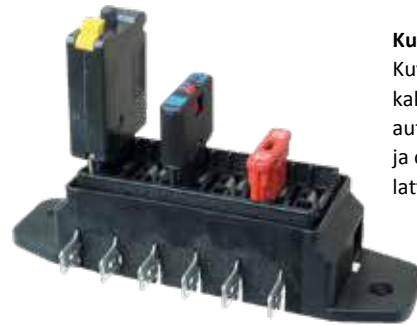
Palanut tai lauennut sulake on merkki siitä, että jotain on vialla.

HUOM. Suuremman sulakkeen vaihto voi aiheuttaa palovaaran.

Turvallisuuteen liittyvät laitteet – kuten kulkuvalot, VHF, sumutorvi, valonheittimet – on syytä varustaa kukin omalla johdolla ja omalla sulakkeellaan. Hytin valaisimet kannattaa jakaa ainakin parille varokkeelle, ettei koko vene pimene kerralla. Sulakkeita ei pidä sijoittaa moottori- tai akkutilaan.

Sulaketyypit

Venekäyttöön sopivat nykyiset autojen lattasulakkeet, joissa värikoodi ilmaisee koon. Nykyisin on myös saatavilla lattasulakkeen pesään sopivia automaattisulakkeita.



Kuva 5.21. Kuvassa vasemmalla kaksi erilaista automaattisulaketta ja oikealla perinteinen lattasulake.



Kuva 5.22. Tyypillinen pienen veneen kymmenellä lattasulakkeella varustettu sulakerasia.



Kuva 5.23. Kuvan kytkintaulun kytkimet ovat samalla automaattisulakkeita.

HUOM. Lasi- ja keraamisia putkisulakkeita tulee välttää, koska niissä käytettävä metalli syöpyy helposti ja niitä on useita pituuksia. Lisäksi ne ovat mekaanisesti heikkoja ja niiden ampeerimäärää on vaikeaa lukea.

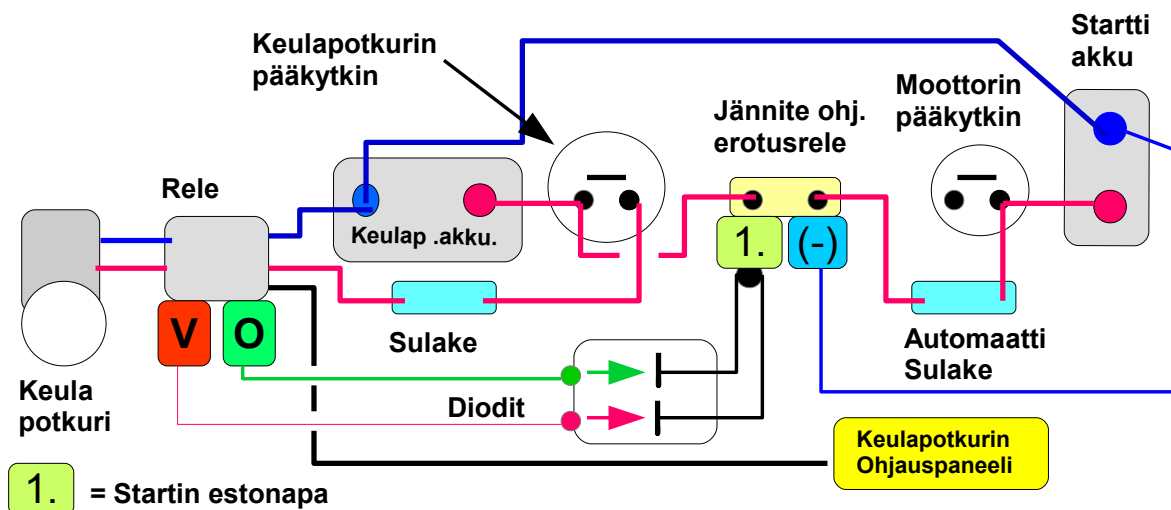
Automaattisulakkeet

Venekäyttöön on saatavilla lukuisia hyviä automaattisulakkeita ja johdonsuojakytkimiä. Kun veneeseen tehdään uutta asennusta tai uusitaan perusteellisesti vanhaa, kannattaa ostaa tai tehdä täydellinen automaattisulakkeilla varustettu sähkökeskus.

Sulakerasiaa koskevat nyrkkisäännöt:

- Sulakerasian pitää olla mahdollisimman kuivassa paikassa
- Sulakerasiaan pitää helposti päästä vaihtamaan sulake ja tekemään tarkastuksia
- Sulakerasian sisus on hyvä ruiskuttaa kosteutta poistavalla sprayllä.

Viimeksi mainittu koskee kaikkia muitakin sähköisiä liitoksia kuten kytkimiä, päätteitä, kytkinrimoja, lampuja jne. Suihkaus kontaktispraytä tasaisin aikaväleihin ratkaisee useimmat sähköongelmat jo etukäteen.



Kuva 5.24. Erillisellä akulla olevan tehokkaan keulapotkurin ohjauksen ja latauksen kytkentä.

Venekäyttöön sopivia valmiita sulakerasioita löytyy useimmista venetarvikeliikkeistä. Uutuutena ovat latta-sulakkeilla varustetut riviliittimet, joissa on sulakkeiden palamisesta ilmoittavat ledit.

Releohjaus

Releohjausta käytetään, kun varsinainen työvirta on niin suuri, ettei katkaisija kestä sitä (esimerkiksi keulapotkuri, ankkurivintturi) tai halutaan välttää johdotuksen turhan pituuden aiheuttamaa jännitehäviötä (esimerkiksi kulkuvalojen tai kansivalon hallitseminen ulkoa).

Ankkurivinssille menevä johto tulee kytkeä oman automaattisulakkeen kautta. Automaattisulake voi toimia myös ankkurivinssin pääkytkimenä.

Keulapotkurille menevä virta on niin suuri (200 - 500 A), ettei siihen löydy sopivaa automaattisulaketta, joten johdossa tulee olla pääkytkin ja oikean kokoinen sulake.

Useimmiten kannattaa harkita erillistä akkua laitteiden läheisyyteen. Etenkin keulapotkurin vaatima virta on hyvin suuri (5 kW teho = 420 A), mikä vaatisi 4 m kaapelipituudella 95 mm² poikkipintaista kaapelia.

Erillisen akun latausjohdot tulee minimissään olla 25 mm². Lisäakkuun kytketyt laitteet ottavat virtaa kaikesta akuista, jotka piiriin on liitetty. Näin ollen kannattaa latauslinja varustaa esim. jänniteohjatulla erotusreleellä, jossa on mahdollisuus katkaista yhteys laitteita käytettäessä.

Starttimoottori

Starttimoottori on myös tyypillinen releohjattu laite. Starttimoottorin yhteydessä puhutaan solenoidista, koska solenoidi liikuttaa myös hammaspyörää, jolla

starttimoottorin pyöriminen siirretään moottorin vauhtipyörälle. Moottorissa on siksi kaksi piiriä, käyttöpiiri ja ohjauspiiri. Kun käännetään virta-avaimesta tai painetaan käynnistysnappulaa, käynnistysrele sulkeutuu ja yhdistää plussan suoraan akusta starttimoottoriin ja antaa sille käyttövirran.

Jos starttimoottori ei käynnisty avainta käännettäessä, mutta releen naksahdus kuuluu, ohjauspiiri on kunnossa. Volttimittarin voi myös kytkeä plusjohdon käynnistysreleen ohueen pluskaapeliin ja toisen johdon moottorin runkoon ja katsoa, näyttääkö mittari jännitettä, kun avainta kierretään.

Mikäli pääkytkin on kiinni, pitää releessä olevan paksum pluskaapelin ja moottorin rungon välillä aina olla jännite. Käynnistysreleen tehtävä on kytkeä tästä syntyvä käyttövirta itse starttimoottoriin.

Suoraan akkuun

Aiemmin laitevalmistajat suosivat tiettyjen laitteiden liittämistä suoraan akkuun. Tällaisia olivat esim. puhallinmoottorilla varustetut lämmityslaitteet. Yhtenä syynä oli puhallinmoottorin tuottama radiohäiriö ja kytkemällä se suoraan, akku toimii hyvänä häiriösuotimena. Tästä ilmiöstä on päästy eroon nykyisten EMC-määräysten ansiosta (sivu 59).

Jotkin laitteet halutaan kuitenkin kytkeä suoraan akkuun, esimerkiksi:

- lämmityslaitteet ja jälkijäähdytys
- varas- ja kaasuhälytyn
- automaattinen pilssipumppu
- radion asemamuisti.

Tälle kokonaisuudelle tulee asentaa oma pääkytkin ja jokaisen laitteen virroitusta pitää varustaa omalla varokkeellaan.

5.5 Kulutuslaitteet

Käyttöjännite: 12V vai mobiili 12V?

Monet uusista elektroniikkalaitteista hyväksyvät käyttöjännitteekseen 10 - 30 V, jolloin ei ole merkitystä kytketäänkö ne 12 V - vai 24 V -järjestelmään, ja onko jännite todellisuudessa koneen käydessä tai maasähkö kytkettynä yli 14 V tai 26 V.

Viihde-elektronikan osalta asia on toisin. Esimerkiksi 12 V taulutv:stä tulee tietää, onko se todellakin 12 V jännitteellä toimiva vai mobiili 12 V. Jos se voidaan liittää suoraan tupakansytytinliitäntään, ei ongelmia todennäköisesti ole. Muussa tapauksessa pitää varmistaa, ettei jännite nouse yli 12 V esimerkiksi maasähköön liitettynä tai koneen generaattorin ladatessa akkuja. Asian voi myös ratkaista DC/DC-muuntimella, joka pitää jännitteen aina 12 voltissa. Sama koskee kotikäyttöön tarkoitettuja muuntajalla sähköverkkoon liitettäviä 12 V led-valaisimia. Ylijännite lyhentää niiden käyttöikää.

Valaisimet

Ledit

Yksinkertainen tapa vähentää sähkönkulutusta on vaihtaa tavanomaiset valaisinpolttimot led-polttimoihin.

Esim.

10 W perinteinen polttin vaatii 0,83 A virtaa = 10 kpl 8,3 A

3 W LED 0,25 A = 10 kpl 2,5 A

Ledit ovat valoa emittoivia diodeja, jotka säteilevät valoa, kun niiden läpi johdetaan sähkövirta. Ledien valmistusmateriaali määrää niiden lähettämän valon värin, jota voidaan edelleen muokata niiden pintaan lisätyillä kalvoilla ja pinnoitteilla.

Ensimmäiset ledit olivat punaisia ja niitä käytettiin aluksi erilaisina merkkivaloina. Valkoisten ja entistä valovoimaisempien ledien kehittyminen on mahdollis-



Kuva 5.25. Vanhoja valaisimia ei kannata heittää pois. Nykyään on saatavilla edullisia ja pintaliitosledeillä toteutettuja polttimoita, joiden kannat sopivat suoraan vanhoihin valaisimiin.

tanut niiden yleistymisen myös erilaisissa valaistusratkaisuissa. Toistaiseksi ei ole löydetty suoraan valkoista valoa lähettävää materiaalia. Valkoinen ledi perustuu loisteaineella päällystettyyn siniseen lediin, joka muuttaa valon valkoiseksi.

Ledit sopivat hyvin venekäyttöön, sillä ne toimivat tasajännitteellä. Kun käytetään valmiiksi mobiili 12 V jännitteelle valmistettuja polttimoita tai valaisimia, niin ei tarvitse tehdä mitään erityistä. Monille polttimoille ja valaisimille voi jännite olla 9 - 30 V välillä. Osaa led-polttimoista voidaan myös himmentää. Yleensä näissä polttimoissa ei ole merkitystä sillä, miten plus ja miinus syötetään.

Mikäli haluaa käyttää elektroniikkaan tarkoitettua lediä, pitää syöttöjännite laskea oikealle tasolle; 1,7 - 3,7 V (U led). Tämä tehdään etuvastuksella.

Esimerkki:

$$\frac{(\text{Syöttöjännite } U_{\text{tot.}} - \text{kynnysjännite } U_{\text{led}}) = U_{\text{res.}}}{\text{LED virrankulutus mA}}$$

= etuvastus ohmia

$$\frac{(12 \text{ V} - 2 \text{ V}) = 10 \text{ V}}{20 \text{ mA}} = 500 \text{ ohmia}$$

Vastuksen kasvattaminen himmentää lediä.

Tällainen led pitää myös kytkeä oikein päin; (+) pidemmälle ja (-) lyhemmälle jalalle.

Valonlähteinä ledit ovat (hehkulamppuun verrattuna) erittäin pienikokoisia ja mekaanisesti kestäviä: niissä ei ole helposti rikki menevää lasikuorta eikä hehkulankaa. Ledit ovat myös oikein asennettuna pitkäikäisiä.

Parhaimpien valkoisten, kirkkaiden ledien hyötysuhde on hehkulamppuihin verrattuna moninkertainen. Ledien polttoikä on tyypillisesti yli 10 000 tuntia. Ne eivät yleensä hajoa äkillisesti, vaan niiden valovirta alenee pikkuhiljaa. Polttoikä määritelläänkin tyypillisesti ajaksi, jonka kuluttua valoteho on pudonnut 70 %:iin alkuperäisestä tasosta.



Kuva 5.26. Kuvassa on yksittäisiä led-diodeja.

Aiemmin ledien valovirta ei ole ollut kovin suuri, min-kä vuoksi niitä on aiemmin käytetty vain käsivalaisimissa ja morsetuksessa lyhyiden syttymis- ja sammutusaikojen vuoksi. Saataville on kuitenkin tullut suuritehoisia yksittäisiä ledejä sekä niiden yhdistelmiä, joissa valovirta on useampi tuhat lumenia.

Erilliset ledit eivät yleensä kestä korkeita lämpötiloja eivätkä kosteutta. Siksi led-valoja ei suositella yli 45 °C lämpötiloihin ja kosteisiin paikkoihin ilman erillistä kotelointia.

Ledit voivat myös hajota sähköstaattisesta purkauksesta (ESD – Electrostatic discharge). Nykyisin teholedeissä on sisään rakennettu ESD-suojaus, joka kestää 8 kV johtuvan ja 15 kV ilma ESD-pulssin (ukonilman aikainen purkaus).

Led-polttimot ja -nauhat

Led-valaistuksen voi kätevä veneilijä asentaa itsekin. Markkinoille on tullut myös vanhojen valaisinten kantoihin sopivia led-polttimoita.

Auto- ja venekäyttöön soveltuvien tavallisten ja led-polttimoiden pyöreät lampunkannat ovat samat: BA15s, BA15d, E10, SMD. Lisäksi löytyy halogeenivalaisimiin sopivat piikkikanat G4, kohdevalokannat sekä putkipolttimoita käyttäviin valaisimiin soveltuvat polttimot.

HUOM. Autopuolella kanta BAY15d on parkki- ja jarruvalopoltin, eikä sitä voi käyttää veneen kulkuvälissä, vaikka kanta onkin sama. Venetarvikeliikkeistä löytyy oikea led-kulkuvalopolttimo.

Kuiviin tiloihin tarkoitettut katkaistavat led-nauhat eivät ole pitkäikäisiä veneiden kosteissa olosuhteissa. Kosteudesta, värinästä ja ledien lämpenemisestä johtuen pelkästään liimakiinnitteiset nauhat eivät pitkään pysy paikallaan. Kannattaa valita joko led-rima tai nauha mekaanisella kiinnityksellä.

Kulkuvalot

Veneen kulkuvalojen polttimoita valitessa on kriteerinä perinteisesti ollut niiden wattimäärä eli teho. Se kertoo myös kansantajuisesti, paljonko lamppu tuotti valoa. Oikeasti tämä lukema kertoo vain sen, kuinka paljon sähkötehoa lamppu kuluttaa palaessaan, sillä kaikki se teho, jota ei hehkulampusta saada valona (5 %), muuttuu lämmöksi (95 %). Kun valonlähteenä käytetään ledejä, joiden lämmöntuotto on vähäinen valontuottoon verrattuna, täytyy ottaa muita suureita käyttöön.

Valovirta ilmaisee, paljonko valoa valonlähde antaa. Valovirran yksikkö on lumen (lm). Led-valojen valovirran määrä ilmaistaankin lumeneina eikä watteina. Esimerkiksi veneen kulkuvaloissa yleisesti käytetyn 10 W hehkulankalampun valovirta on noin 40 - 50 lm (näkyvyys yli 2 meripeninkulmaa).

Valotehokkuus puolestaan kertoo valolähteestä saadun valomäärän suhteessa käytettyyn sähkötehoon. Valonlähteiden valotehokkuuden yksikkö on lm/W (lumen/watti) joka kuvaa lampun hyötysuhdetta (miten tehokkaasti lamppu muuttaa sähköenergiaa valoksi).

Kandela (valovoima) on valonlähteen valovirran voimakkuus (lm) tiettyyn suuntaan (avaruuskulma steradianeissa).

Avaruuskulma puoliavaruuteen on $2 \times \pi \times sr$.

Meriteiden sääntöjen 22 § määrittää veneiden kulkuvaloilta vaadittavaa näkyvyyttä:

Alle 12 metrin alus:	tarvittava valovirta
mastovalo 2 mpk	40 - 50 lm
sivuvalot 1 mpk	20 - 40 lm
perävalo 2 mpk	40 - 50 lm
maston huippuvalo 2 mpk	40 - 50 lm

Yli 12 metrin mutta alle 20 metrin alus:	tarvittava valovirta
mastovalo 3 mpk	60 - 80 lm
sivuvalot 2 mpk	40 - 50 lm
perävalo 2 mpk	40 - 50 lm
maston huippuvalo 2 mpk	40 - 50 lm

Jos ledeillä toteutetun veneen kulkuvalon tulee kantaa 3 meripeninkulmaa, niin valovirran voimakkuus valonlähteelle voidaan laskea seuraavasti:

$$I = 12 \text{ cd} \times 2\pi \text{ sr} = 75 \text{ lm}$$

Meriteiden sääntöjen 22 § liitteen 1 kohta 8 mukaan:

- 1 mpk:n kantama saadaan 0,9 cd lampulla (25 lm)
- 2 mpk:n kantama saadaan 4,3 cd lampulla (50 lm)
- 3 mpk:n kantama saadaan 12 cd lampulla (75 lm)

HUOM 1. Kulkuvaloissa käytettyjen led-polttimoiden värilämpötilan tulisi olla noin 2700 K, sillä korkeampi värilämpötila muuttaa vihreän valon lähes siniseksi.

HUOM 2. Alun perin led-tekniikkaan perustuvat kulkuvalot ovat täysin vesitiiviitä. Esim. tyypillisesti purjeveeneen keulavalona käytetty puna/vihreä -yhdistelmä sietää ajoittaisen upottamisen, kun keula menee aaltojen läpi.

5.6 Maadoitus ja antennit

Elektroniikka- ja navigointilaitteiden asennusohjeissa puhutaan seuraavista käsitteistä; maa, common ground point, maadoituspiste, miinus. Toisaalta moottorivalmistajat pyrkivät korroosion vähentämiseksi estämään moottorin ja esim. purjevenevetolaitteen välisen galvaanisen yhteyden. Tästä seuraa, ettei moottori voi välttämättä toimia ollenkaan maadoituspisteessä.

Jotkut moottorivalmistajat nimenomaan kieltävät moottorin käyttämisen maadoituspisteessä. Moottorin jäähdytysjärjestelmän makea- ja merivesipuolelle kertyvä lika ja hapettuminen toimii myös tehokkaana eristeenä huonontuen kontaktia veteen tätä kautta. Yleisesti voi sanoa, ettei mitään maadoituksia kannata tehdä, jollei se ole välttämätöntä. Maadoituksia tehtäessä pitää tarkkaan tietää mitä tekee, ettei aiheuta laitteille ja veneelle haittaa.

Maadoituspiste

Yksiselitteisin ja varmin tapa erillisen maadoituspisteen tekemiseksi on asentaa rungon ulkopuolelle erillinen huokoista metallia oleva maadoituslevy. Mikäli levy voidaan asentaa keskilinjaan, riittää yksi levy, muuten ehkä vaaditaan omat levyt keskilinjaan molemmiin puoliin kontaktin varmistamiseksi. Tähän maadoituspisteeseen kytketään ne maadoitukset, jotka on välttämätöntä tehdä.

Jos maasähköjärjestelmää ei voida jättää kelluvaksi, suojamaa kannattaa galvaanisten virtojen vähentämiseksi liittää ”Zinc Saver”-in läpi tähän pisteeseen.

Antennit

Koska käytännössä kaikki antennit – VHF, AIS – vaativat hyvin toimiakseen maadoituskytkennän, on yllä mainittu maadoituslevy tähän tarkoitukseen oikea paikka.

Tyypillisesti VHF-puhelimen maadoitus tehdään puhelimen takana olevaa maadoitusliitäntää käyttäen. Tällöin mastoon asennetun antennin voi eristää, mikä osaltaan vähentää galvaanisten parien syntymistä.

Kun samassa antennissa tai hyvin lähellä toisiaan olevissa antenneissa on lähetys- ja vastaanotto-toimintaa, (VHF, AIS, FM-radio) on olemassa riski merkittävälle häiriöille. Tällöin kannattaa harkita aktiivisen antennijakajan asentamista. Yksi antenni palvelee tällöin useita tarkoituksia ja estää häiriöt.

Tyypillisesti vanhemmat FM-radiot saattavat olla herkkiä VHF-puhelimen antennikaapelin indusoimille häiriöille radion virtajohtoon, jos ne kulkevat lähekkäin. Ilmiöstä pääse eroon lisäämällä etäisyyttä tai vaihtamalla vähemmän herkän radion.

Tiedonsiirtoväylät

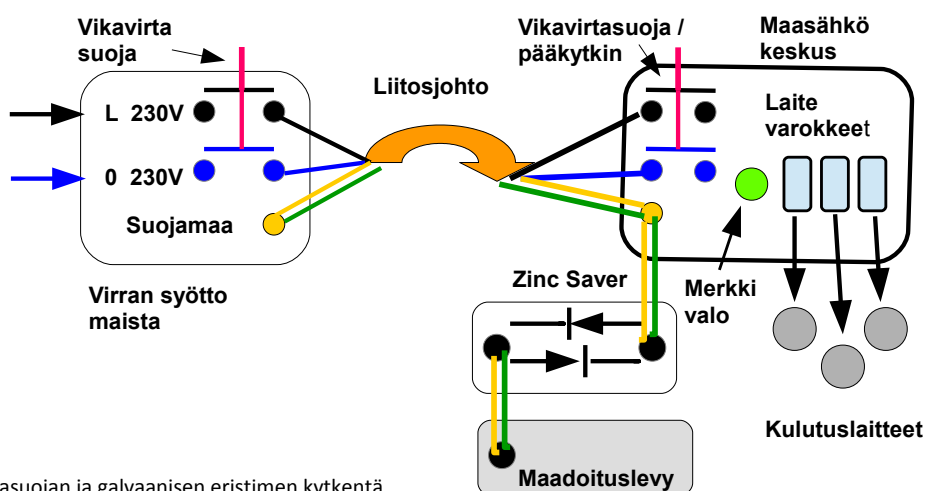
NMEA 0183

NMEA0183 perustuu järjestelmään, jossa data (+) sisään ja ulos kulkevat eri johtimissa. Data (-)/COM o voi olla yhteinen. Tästä seuraa, että vain yksi laitepari – lähettävä tai vastaanottava – voi olla samanaikaisesti kytkettynä yhteen saman tietoliikenneportin kautta, jos halutaan kaksisuuntainen liikenne. Näiden rinnalle voidaan liittää vastaanottava laite, mutta se havaitsee vain sen laitteen, jonka data (+) ulos-johtimeen se on kytketty.

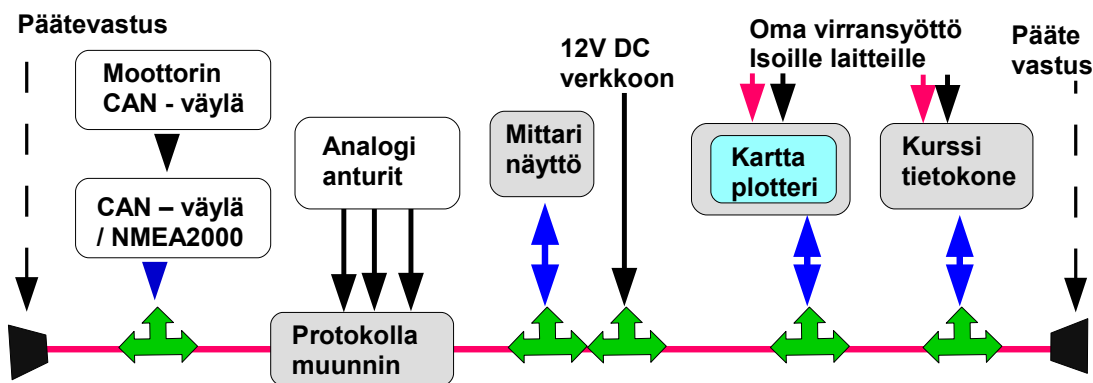
NMEA0183-järjestelmässä on lisäksi tavallista, että data (-)/COM o ovat yhteydessä laitteen miinus kaapeliin. Samoin voi olla, että data-kaapelin vaippa on myös miinus.

NMEA2000: sertifioitu vai yhteensopiva?

Sertifioidulla laitteella tarkoitetaan laitetta, liittintä, kaapelia, tms., joka on sertifioitu käytettäväksi NMEA2000-järjestelmässä. Se voidaan liittää kaikkiin



Kuva 5.27. Vikavirtasuojan ja galvaanisen eristimen kytkentä.



Kuva 5.28. Periaatekuva NMEA2000 -väylästä ja siihen liitetystä komponenteista.

tämän järjestelmän muihin komponentteihin standardin mukaisella liittimellä ja sen tiedonsiirtolausekkeet ovat yhteensopivia muiden järjestelmän laitteiden kanssa. Sertifioitujen laitteiden LEN-arvo on myös tunnettu.

Yhteensopivilla laitteilla eivät kaikki yllämainitut sertifioitujen laitteiden piirteet täyty. Tyypillisesti liitin ei ole standardin mukainen, jolloin joudutaan käyttämään sovitekaapeleita. Tiedonsiirtolausekkeet voivat olla modifioituja, jolloin osa tiedoista ei siirry tai laitteisto voidaan joutua käynnistämään tietyssä järjestyksessä.

NMEA2000-kaapelointi tehdään **runkokaapeleita**, haaroituskaapeleita, **T-haaroja** tai **haaroitusrimoja** käyttäen (värit tekstissä viittaavat kuvaan 5.28, johon esim. runkokaapeli merkitty punaisella). Runkokaapelissa pitää aina olla 2 päätevastusta; yksi kummassakin päässä. Laitteet liitetään aina haaroituskaapelilla. Vaikka jokin laite liitettäisiin pitkän etäisyyden takia suoraan runkokaapeliin, (esim. NMEA2000 tuulimittarin anturi) on tällöin itse anturissa sisäinen ns. in-line-terminaattori. Yleensä yhden haaroituskaapelin päähän voidaan liittää yksi laite, jossain tapauksissa 2 - 3 laitetta. Tämä järjestely kuitenkin rajoittaa helppoa laajennettavuutta. Laitteita järjestelmässä voi olla maksimissaan 50.

Runko- ja haaroituskaapeli ovat sähköisesti samanlaisia 5-napaisia kaapeleita, joissa on:

- punainen (+ 12 V)
- musta (- 12 V)
- valkoinen NET - Hi
- sininen NET - Lo
- häiriönsuojaavaippa

Osalla valmistajia kaapelit ovat ulkoisestikin täysin samoja, toiset ovat halunneet erottaa runko- ja haaroituskaapelin. Yksittäisen haaroituskaapelin maksimipituus on 6 ja kaikkien yhteensä 78 m. Runkokaapelin maksimipituus Micro-C-liittimillä on 100 m.

NMEA2000-verkkoon pitää syöttää virta erillisellä kaapelilla T-haaran tai haaroitusriman kautta. Pääsääntöisesti virta pitää syöttää runkoverkon keskelle ja virransyöttöjä saa olla vain yksi. Osassa laitekokonaisuuksia virransyöttö tapahtuu esim. autopilotin kurssitietokoneen kautta, joten asennusohjeet on syytä lukea hyvin. Verkon kautta tuleva virransyöttö riittää esim. mittarinäytöille, antureille ja protokollamuuntimille. Isommat laitteet – kurssitietokone, karttaplotteri, VFH-puhelin, AIS, jne. – vaativat oman virransyötön.

NMEA2000-verkon käyttöjännite on nimellisesti 12 V DC; toleranssi 9 - 16 V. 9 V DC-jännite pitää olla myös kauimmaiselta laitteelta mitattuna (esim. tuulianturi). Mikäli jännite laskee hetkellisestikin alle 9 V on seurauksena koko NMEA2000 -verkon toiminnan pysähtyminen, jolloin menetetään ulkoisen GPS:n tuottama sijaintitieto, ja plotterin ohjaus keulapotkurille. Vene alkaa ajelehtia.

Tyypillisesti tällainen tilanne voi syntyä keulasähkömoottoria paikka-ankkurointiin käytettäessä, kun akun varaus on laskenut alas ja navigointielektroniikka kytketty saman akkuun. Keulamoottorin käynnistyessä se vie virtaa esimerkiksi 50 A, jolloin jännite laskee hetkeksi liian alas.

Jänniteheilahduksen voi estää joko kytkemällä elektroniikan toiseen akkuun tai syöttämällä virran navigointielektroniikalle 12/12 V DC -konvertterilla, joka vakioi jännitteen (n. 12 V), vaikka syöttöjännite olisi 8 - 16 V.

Sähköperämoottoreiden sähköinen toteutustapa ja sen taso vaihtelee, ja osa aiheuttaa käydessään merkittäviä häiriöitä sähkön syöttölinjaan. Häiriöt saattavat merkittävästi haitata mm navigointilaitteiden toimintaa. Navigointilaitteiden kytkeminen omaan akkuun on varma tapa estää häiriöiden vaikutus. Tämä järjestely yksinkertaistaa myös latausjärjestelyjä, koska koneen käynnistysakku toimii 12 V jännitteellä. Sähköperämoottorin käyttöjännitehän saattaa olla esim. 24 V.

Protokollanmuuntajat muuntavat seuraavasti:

- analoginen anturitieto → NMEA2000
- NMEA0183 ↔ NMEA2000
- SeaTalk1 ↔ NMEA2000
- CAN-väylät ↔ NMEA2000

Päätevastuksia asennetaan yksi kappale runkokaapelin kumpaankin päähän. Erillistä päätevastusta ei tarvita, jos runkokaapelin päässä olevassa laitteessa se jo on.

5.7 Vianetsintä

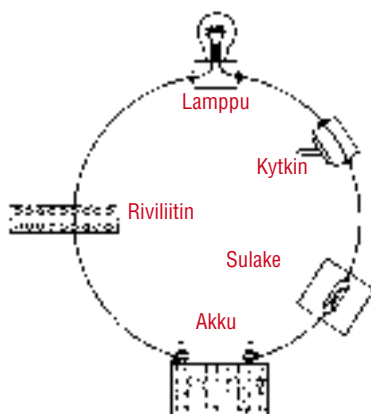
Osiassa kerrotaan yksinkertaisista tavoista selvittää veneen sähkölaitteiston vikatilanteita. Monikäyttöisin työkalu on yksinkertainen digitaalinen yleismittari, jossa on:

- jännitemittaus 5–50 V DC
- vastusmittaus; ehkä oikosulun äänimerkillä
- diodin koestus.

Kun laite ei toimi

Veneen sähkölaitteissa voi esiintyä erilaisia vikoja alkaen lampusta, joka ei pala, aina starttimoottoriin, joka ei pyöri. Kun kyseessä on toimii/ei toimi -tilanne, on yleensä kyseessä katkos virtapiirissä. Tällainen vika on helposti löydettävissä.

Kun laitteet toimivat katkonaisesti tai toimivat muuten huonosti, asia mutkistuu. Tyypillinen esimerkki on lämmityslaite, joka ei toimi jatkuvasti. Silloin on kyseessä useimmiten liian matala jännite tai katkeileva kohta virtapiirissä. Lämmityslaitteen turvakytkentä estää lämmityslaitteen käynnistymisen liian alhaisella jännitteellä, jottei lämmitin sammu hallitsemattomasti ilman jälkijäähdytystä. Autopilotti ei myöskään toimi alhaisella jännitteellä, jottei työyksikölle syötettävä virta nouse liian suureksi.



Kuva 5.29. Sähkö kulkee ympyrää akun napojen välillä.

Kun jokin laite lakkaa toimimasta, on syytä tarkistaa, tuleeko laitteeseen jännite. Jännitteen puuttuminen voi usein olla ainoa vika.

Ensimmäinen tehtävä on tarkistaa, onko pääkytkin ”kiinni”-asennossa. Seuraavaksi tarkistetaan akku. Jos napajännite on 12,7 V, on akku täynnä. Jos jännite on alle 11,4 V, on akku liian tyhjä. Jos napajännite on 12,7 V mutta laitteen virransyötössä esim. alle 11,5 V, on vikaa johdotuksessa ja kontakti on huono.

Suljettu virtapiiri

Virtapiiri on kuin juoksurata, rengas, joka sulkeutuu akun napojen välillä ja akun sisällä. Jos ehjä hehku-lamppu ei pala, rengas on katkennut jostain kohdasta. Jos katsotaan tavallista lamppuasennusta, rengas kulkee yhdestä akun navasta akun läpi toiseen napaan napakengän, johtimen, pääkytkimen, uuden johdon, sulakkeen, kytkimen, uuden johdon, lampunpitimen, lampun ja uuden takaisin akun napaan tulevan johdon (mahdollisesti kiskon) kautta. Sähkön pitää kulkea koko ympyrä eli piiri. Kun etenee askel askeleelta, löytää lopulta kohdan, jossa piiri on poikki.

Katkospaikan etsimiseen tarvitaan apuvälineitä; volttimittaria tai ohmimittaria. Volttimittari mittaa jännitteen ja sen voimakkuuden. Ohmimittari mittaa piirin resistanssia (vastusta). Ohmimittarilla selvitetään, onko piiri kunnossa vai poikki.

Tavallisen, rikkoutuneen polttimon vastus on ääretön. Jos led-polttimo on viallinen, ei dioditestausta anna mitään arvoja, vaikka johdinten järjestystä vaihdetaan.

Vianetsintä jännitteen avulla

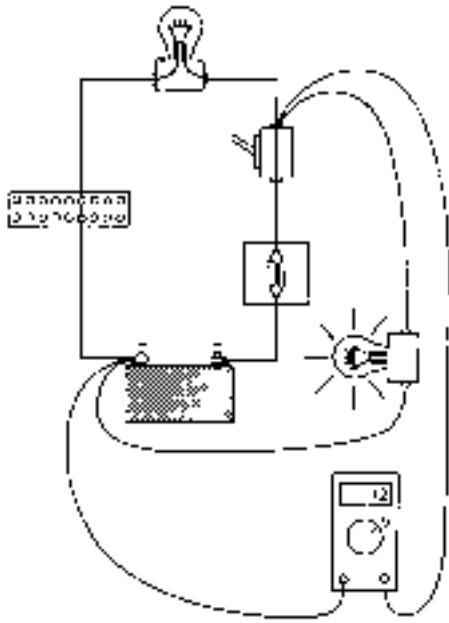
Volttimittarilla näkee, onko joka paikassa jännite ja onko se oikea. Kannattaa mitata ensin, mikä jännite on sähkölaitteen liitäntäkohtien välillä. Jos jännitteen arvo on oikea, on laite viallinen.

Jos sähkölaitteen navoissa ei ole jännitettä tai se on laitteelle liian alhainen, edetään tarkistuksissa askel kerrallaan taaksepäin. Ensin tarkistetaan pluspuoli, koska siellä on paljon mahdollisia vikapaikkoja. Edetään takaisin akun napaan asti tai siihen asti, kun jännite palautuu normaaliksi, jolloin vikakohta on löytynyt.

Jos akun plussan ja sähkölaitteen miinuksen välillä ei ole jännitettä, on vika piirin miinuspuolella. Silloin edetään volttimittarilla miinuspuolta pitkin, aivan kuten pluspuolellakin.

Vianetsintä ilman jännitettä

Piiri kytketään ensin virrattomaksi akulta käsin. Yhden navan irrotus on yleensä riittävä.

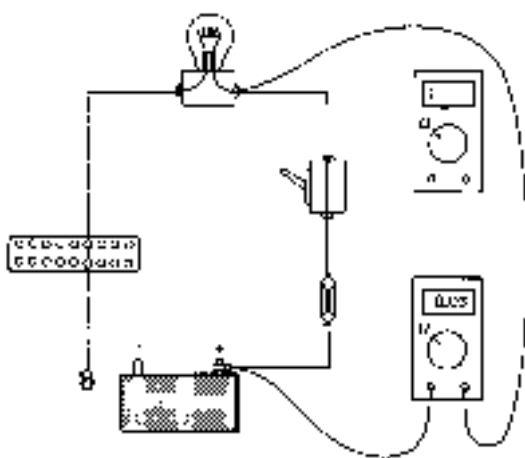


Kuva 5.30. Vianetsintä volttimittarilla ja koestuslampulla. Kuvassa sulake ja kytkin ovat kunnossa. Kytkimen toimintaa voi myös kokeilla kääntämällä sen päälle ja pois. Miinus on varminta ottaa akun navasta.

Kun yleismittaria käytetään ohmimittarina (vastusmittarina), voidaan havaita, mikäli piirissä on katkos. Käytännössä katkenneessa piirissä on ”ääretön” vastus ja ehjässä piirissä vain joitain kymmenesosaohmeja.

HUOM. Jännitteisiä osia ei koskaan saa mitata mittarin vastusmittausasennossa. Mittari saattaa vioittua.

Voi olla vaikeaa päästä käsiksi kaikkiin kytkentäkohtiin tai löytää oikea johto merkitsemättömistä kytkinriumoista tai sulakepesistä. Ohmimittari auttaa kun etsitään paikkaa, jossa on katkos tai ”ahtautuma”, josta virta ei pääse kulkemaan.



Kuva 5.31. Ohmimittari osoittaa, että piiri on kunnossa lampulle asti. Jos kytkin avataan, piiri katkeaa. Mittari näyttää silloin ”ääretöntä” tai ”1”.

Sarjamittaus

Jos esimerkiksi kulkuvalo on pimeänä, piirissä on katkos (lamppu on yksi osa piiriä). Jos lämmityslaite ei käynnisty, tai jos ankkurivinssi toimii hitaasti, se voi merkitä alentunutta jännitettä. Nämä voi todeta mittaamalla jännite-eroa plussan ja miinuksen väliltä akun navoista sekä sähkölaitteesta. Puolen voltin tienoilla oleva jännite-ero suuren sähkölaitteen osalta tarkoittaa, että asiat ovat kunnossa. Jos ero on suurempi, häviää matkalla liian paljon jännitettä (kaapelit voivat olla liian ohuita).

Volttimittaria voi käyttää eräänlaisessa sarjakytkenässä eli akun yhden navan ja saman sähkölaitteesta olevan navan välillä. Tämä on kätevä tapa mitata ja paikallistaa piirin katkos tai huono liitos.

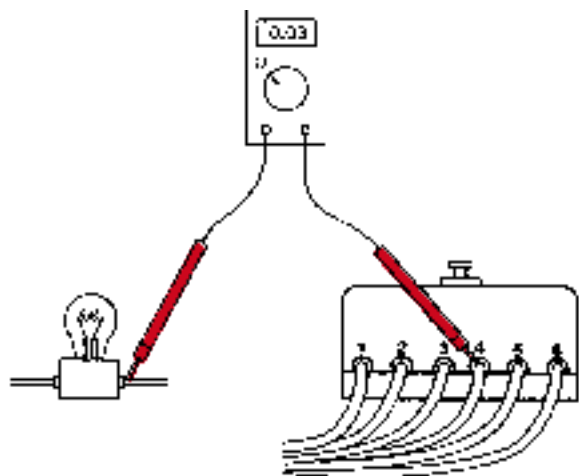
Kun mitataan jännitettä sarjakytkenässä – siis piirin pituussuunnassa:

- Piiri on kunnossa, kun mittari näyttää nolaa
- Piirissä on katkos, kun mittari näyttää täyttä jännitettä (melkein sama kuin akun jännite).

Mittaus tulee tehdä molemmilta puolilta, siis pitkin plus- ja miinus-sivua.

Sarjamittauksen käyttö katkoksen paikallistamiseen:

- Toinen volttimittarin johdoista kytketään akun plusnapaan
- Toisella volttimittarin johdolla mitataan sähkölaitetta samalta puolelta
- Jos mittari näyttää jännitettä esim. akun plusnavan ja sähkölaitteen pluspuolen väliltä, on katkos piirin pluspuolella jossain näiden kahden mittauskohdan välillä (vastaava mittaus voidaan tehdä myös miinuspuolella).



Kuva 5.32. Ohmimittaria käytettäessä piirin tulee aina olla jännitteetön. Tässä oikea johto on sulakkeessa n:o 4.

- Toinen volttimittarin johto pidetään akun navassa. Toisella johdolla edetään askel askeleelta akkua kohti viallisessa piirin puolikkaassa. Kun volttimittari näyttää lähes täyttä jännitettä, ollaan tultu kohtaan, josta eteenpäin piiri on kunnossa (viallinen kohta ohitettiin).

Jännitettä alentava kohta voidaan paikallistaa samalla tavoin. Niin kauan kun sarjamittauksessa jännite on nolla, on kaikki kunnossa. Kun volttimittari näyttää jotain, on menty johtoa pitkin jännitettä alentavan kohdan ohi.

5.8 Häiriöistä

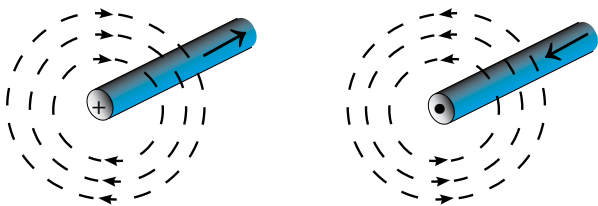
Usein häiriöiden syynä voivat olla vanhat laitteet, jotka sietävät häiriöitä huomommin tai toisaalta itse aiheuttavat niitä.

Aiemmin ongelmat rajoittuivat siihen, että radiovastaanotin häiriintyi moottorin käydessä. Myöhemmin elektronisten instrumenttien lisääntyä, lisääntyivät myös ongelmat. Häiriö syntyy, kun jokin sähköinen yhteys katkaistaan tai kytketään, tai kun virta vaihtelee suuresti. Esimerkiksi radiosta voi kuulla napsahduksen, kun valokatkaisijaa käytetään. Pysyvämpi häiriö tulee pyörivistä moottoreista ja etenkin generaattorista.

Häiriölähteistä tasavirtageneraattori on yleensä pahin, mutta häiriöitä syntyy usein sähkömoottoreista, joiden suhteellisen suurta virtaa kytketään ja katkaistaan. Tyypillisiä häiriölähteitä ovat starttimoottori, tuulilasinpyyhkimet, jääkaappi, lämmityslaite, ankkurivinski, keulapotkuri ja sähköiset pumput.

Häiriölähteistä tuoreimpia ovat huonolaatuiset ledvalaisimet, joiden elektroniikka saattaa aiheuttaa muun muassa FM-radioon voimakkaan häiriön.

Veneissä, joissa on bensiinimoottori, voi sytytys olla häiriönlähde. Käytännössä nämä häiriölähteet aiheuttavat sykkivän magneetikentän ympärilleen. Syntyy radioaaltoja, jotka kulkeutuvat kojeiden antenneihin tai muihin komponentteihin. Usein myös sähköjohdot toimivat antennina ja johtavat häiriön kojeisiin niiden virransyöttöjohtojen kautta.



Kuva 5.33. Magneetikentät syntyvät virrallisten johtojen ympärille ja aiheuttavat häiriöjännitteitä läheisiin johtoihin, esimerkiksi mittareiden anturijohtoihin tai VHF:n antenniin.

Häiriöt heikkenevät kun etäisyys kasvaa, mutta jokin toinen antenni voi siepata ne ja lähettää edelleen. Esimerkiksi vaijerit kaiteissa tai rikissä voivat lähettää häiriöitä edelleen.

EMC-määräykset

EMC-määräykset (sähkömagneettinen yhteensopivuusvaatimus) ovat selkeästi parantaneet tilannetta viime vuosina. Määräysten mukaan laitteiden tulee sietää tietty määrä häiriöitä ja ne saavat itse aiheuttaa vain tietyn määrän häiriöitä.

Muita häiriölähteitä

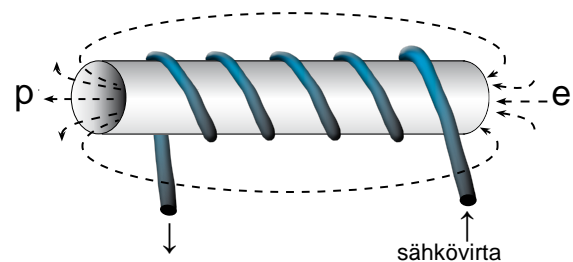
Myös muu koneisto voi olla sähköisten häiriöiden lähde. Joskus myös vaihteisto, potkurin läpivienti ja potkurin akseli voivat aiheuttaa sähköisiä häiriöitä. Potkurin läpiviennin maadoitus poistaa usein tämän ongelman. Purjeveneen purjeiden hangatessa vaijereihin voi riki aiheuttaa häiriöitä. Tämä ongelma ratkeaa ukkossuojauksella ja maadoittamisella veteen ulottuvalla liuskalla.

Onneksi tällaisen häiriöiden taajuudet ovat melko matalia. Häiriöt ovat kiusallisimpia erilaisten radiolaitteiden käyttämillä taajuuksilla. Jos ns. signaali/kohina-suhde jää liian pieneksi, jotkut elektroniset laitteet toimivat epäluotettavasti tai voivat lakata toimimasta kokonaan.

Uudet laitteet toimivat yhä suuremmilla taajuuksilla niin yhteydenpidossa kuin navigoinnissa, ja häiriöiden merkitys vähenee. GPS-laitteet toimivat niin suurilla taajuuksilla, että ne ovat lähes täysin tunteettomia kaikelle muulle kuin omille signaaleilleen.

Häiriölähteen etsiminen

On lähes mahdotonta löytää ja poistaa kaikkia häiriöitä kaikilta taajuuksilta, mutta paljon voi tehdä hyvin yksinkertaisillakin keinoilla. Seuraavassa käydään läpi joitakin häiriölähteen etsinnässä hyödyllisiä vinkkejä.



Kuva 5.34. Magneetikenttä voimistuu, jos johdin on kierretty magneetoituvaa metallia sisältävän esineen ympärille. Tästä syystä lähellä kompassia tai mittausjohtimia olevat releet ja sähkömoottorit aiheuttavat häiriöitä ympäristöönsä.

1. Käynnistä moottori laiturissa. Nosta kierrosluku niin korkeaksi että laturi lataa (vähintään 2000 r/min). Huolehdi siitä, että kaikki muut sähkölaitteet veneessä on suljettu. Avaa radio keskipitkille aalloille. Kuuluuko siitä kohinaa tai onko lähetyksen signaali huono? Häipykö häiriö ja tulevatko signaalit kunnollisiksi kun pysäytät moottorin? Jos niin käy, on häiriölähde moottoritilassa.

2. Poista laturin vetohihna ja käynnistä taas (jos sama hihna pyörittää myös jäähdytysvesipumppua, et voi ajaa kuin puolisen minuuttia, mutta se riittää). Jos häiriö hävisi, on laturi syyllinen. Dieselmoottorissa ei ole paljon häiriölähteitä (poikkeuksena ruiskutuspumppu). Jos kyseessä on bensiinimoottori ja häiriöt jatkuvat, on syynä sytytyslaitteisto. Tämän voi päätellä siitä, että häiriö vaihtelee moottorin kierrosluvun mukaan.

3. Kun moottori ei ole käynnissä, kytke vuorotellen virta kaikkiin sähkölaitteisiin ja sitten taas pois. Käynnistä sähkömoottorit (jääkaappi, lämmityslaite, tuulilasinyyhkijät, tuuletin, vesipumppu, pilssipumppu, ankkurivintturi jne.) ja kuuntele milloin häiriöitä esiintyy. Jatka muilla sähkölaitteilla ja tarkkaile etenkin loisteputkia. Olet jo varmasti saanutkin syyllisen tai syylliset selville. Huomaa, että niitä voi olla useita ja siksi käy läpi koko kierros.

4. Jos häiriötä ei pysty paikallistamaan, tee pieni kierros ulos laiturista ja kokeile tilannetta ajon aikana. Näin saat selville mahdolliset voimansiirron aiheuttamat häiriöt.

Häiriöiden poisto

Ennen EMC-määräysten voimaantuloa hankittuja laitteita on veneissä vielä paljon. Seuraavassa tarkastellaan, miten niiden aiheuttamista häiriöistä voi yrittää päästä eroon.

Häiriöiden poisto laitteistosta voi olla hankalaa ja siihen saattaa tarvita asiantuntijaa. Mutta usein yksinkertaisetkin keinot riittävät, kun häiriön lähde tai lähteet on paikallistettu.

Useimmiten ongelmat ratkeavat asentamalla kondensaattori, suuruudeltaan välillä 1 - 3,7 μF (mikrofaradia) suoraan plussan ja miinuksen väliin häiriölähteeseen, tai niin lähelle sitä kuin on käytännössä mahdollista. Jos generaattori on syyllinen, saa useimmilta maahan-tuojilta valmiiksi räätälöidyn häiriöpoistimen tähän ongelmaan.

Häiriöpoistin, joka on useimmiten kondensaattori, antaa samalla suojauksen elektronikkavaingoittavia jännitepiikkejä eli ns. transientteja vastaan.

Jos bensiinimoottorin sytytys aiheuttaa häiriöitä, kannattaa vaihtaa virranjakajan kondensaattori. Jos se ei ratkaise ongelmaa, tarvitaan todennäköisesti asiantuntijan apua.

Jotkut laitteet saattavat vaikuttaa kompassiin siten, että se näyttää väärin. Pienin etäisyys on sellaisessa tapauksessa vähintään puoli metriä, mieluummin yli metri.

Mitään antenni- tai mittalaittejohtoja ei saa asentaa suurta virtaa siirtävien johtojen viereen. Nämä voivat vääristää usein hyvin heikkoja signaaleja.

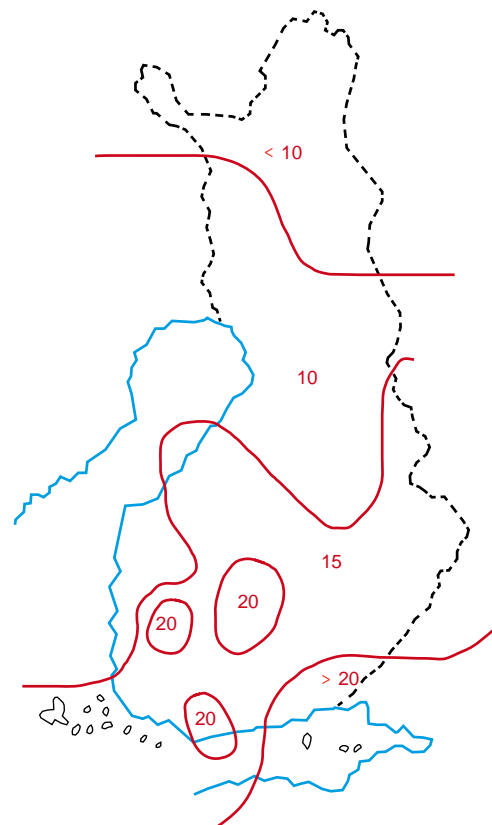
Uudemmissa laitteista häiriötä voi yrittää torjua myös asentamalla virta- ja kommunikaatiojohtoihin häiriöpoistoferritirengaat.

6. Ukkonen ja salamointi

Ukkonen voi aiheuttaa veneilijöille erilaisia vaaratilanteita, joihin on hyvä varautua. Ukkosrintama liikkuu nopeasti ja tuo usein mukanaan voimakkaita ukkospuuskia, voimakkaita sateita ja luonnollisesti mahdollisuuden salamoihin. Tässä kappaleessa käsitellään luonnollisesti lähinnä ukkosen ”sähköisiä” ilmiöitä – niiden syitä ja vaikutuksia – mutta veneilijän on hyvä tiedostaa myös ukkosen muut vaarat.

Maapallolla on käynnissä koko ajan noin 2000 ukkosilmaa. Kun niissä syntyy joka sekunti yhteensä 30 - 100 salamaa, yhden vuorokauden aikana salamoita esiintyy maailmassa kaikkiaan lähes 10 miljoonaa.

Suomen ukkostiheys on eurooppalaisittain verraten melko alhainen: 10 - 20 ukkospäivää vuodessa, joiden aikana salama iskee maahan keskimäärin noin 140 000 kertaa.



Kuva 6.1. Keskimääräiset ukkospäiväluvut Suomessa.

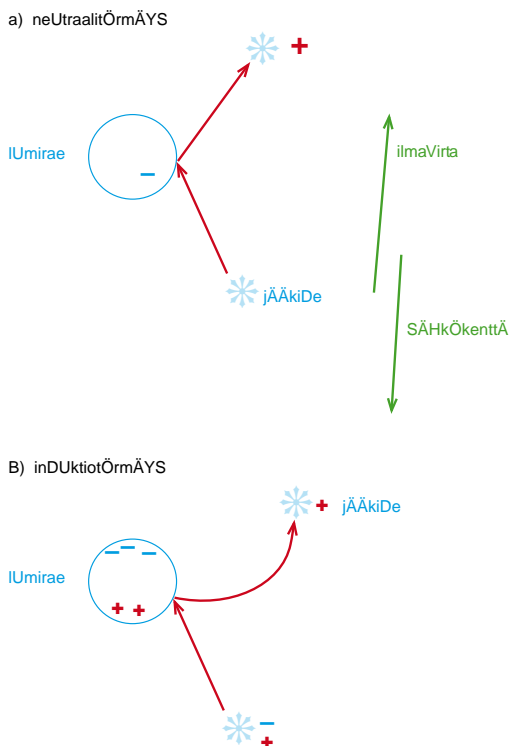
6.1 Ukkospilven muodostuminen ja sähköistyminen

Ukkospilviä syntyy tavallisesti olosuhteissa, joille ovat tyypillisiä ilmassojen voimakkaat pystyvirtaukset, kosteus ja lämpötilan voimakas aleneminen korkeuden kasvaessa.

Lämpöykkonen syntyy, kun auringon lämmittämä ilma nousee ylöspäin ja sen tilalle tunkeutuu mereltä kylmää ilmaa. Lämpöykkosille on tyypillistä, että ne esiintyvät vain lämpiminä vuodenaikoina ja päivällä.

Rintamaukkonen syntyy voimakkaiden lämpötilaerojen muodostaman laajan rintaman yhteydessä. Kylmä ilma tunkeutuu tällöin lämpimän ja kostean ilmassan alle. Rintamaukkonen voi syntyä minä vuorokauden- ja vuodenaikana tahansa.

Ukkospilvi sähköistyy, kun mikrojääkiteet nousevat ylös ukkossolun voimakkaan pystyvirtauksen mukana ja hankautuvat tai iskeytyvät vajoaviin tai vastatuulella leijuviin, millimetrin luokkaa oleviin lumirakeisiin. Lumen hankaaminen jääpalalla synnyttää staattista sähköä samaan tapaan kuin lasi- tai eboniittisauvaa kissannahalla hangattaessa. Iskeytyminen puolestaan siirtää jääkitekettä varausta lumirakeeseen.



Kuva 6.2. Pilvessä olevien lumirakeiden varautuminen tapahtuu kahdella tavalla: a) Neutraali törmäys, jossa varaus siirtyy lämpötilaeron takia hiukkasesta toiseen. b) Induktiotörmäys, jossa törmäyskohdan erimerkkiset varaukset neutraloituvat ja hiukkasiin jää nettovaraus.

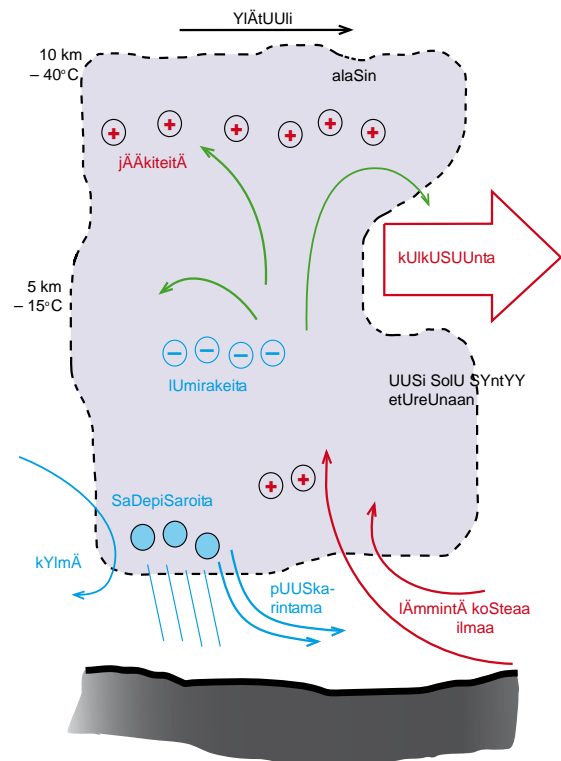
Kun varausta on kertynyt tarpeeksi, pilven varauskeskuksen jännite maahan nähden ylittää ilman lämpilyöntilujuuden. Pilvestä maahan alkaa työntyä ionisoituneesta ilmasta koostuva, halkaisijaltaan – salaman voimakkuudesta riippuen – alle metrin luokkaa oleva esipurkauskanava, jonka kärki etenee 300 km/s keskinopeudella. Tavallisimman, negatiivisen salaman esipurkauskanavan kärki etenee joidenkin kymmenien metrien hyppyin ja mutkitellen. Se, miksi negatiivisen salaman esipurkauskanava etenee pomppien ja ”öksittuen”, mutta positiivisen salaman varsin tasaisesti ja lähes suoraviivaisesti pystysuoraan ”sileärunkoisena”, selittyy sysäysionisaation napaisuusriippuvuudella.

6.2 Salaman esiintymistavat

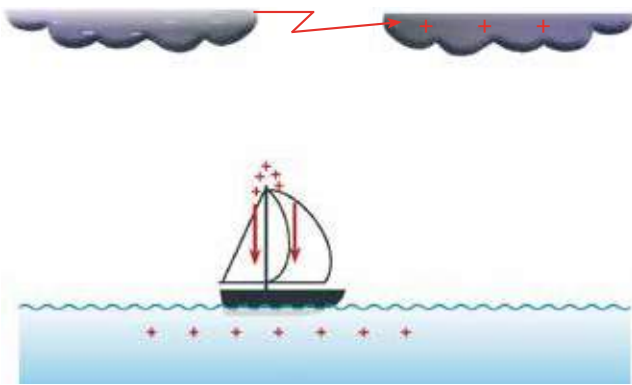
Salamanisku voi esiintyä kolmella tavalla:

1. pilvien välillä
2. maasta pilveen
3. pilvestä maahan.

Pilvien välissä tapahtuva purkaus on veneen kannalta vaarattomin. Veneen eristettyihin metalliosiin influoitunut varaus purkautuu, kun varausta ylläpitänyt



Kuva 6.3. Tyypillinen ukkospilven muoto, jossa ilmavirtaus on vasemmalta oikealle. Lämmin ilma virtaa sisään etureunassa. Pystyvirtaus keskellä (8 m/s) kuljettaa positiivisesti varautuneet jääkiteköt pilven yläosaan. Keskiosaan syntyy negatiivisesti varautuneita lumirakeita. Sade muodostuu sulavista lumirakeista. Puuskarintama syntyy maanpinnan lähelle.

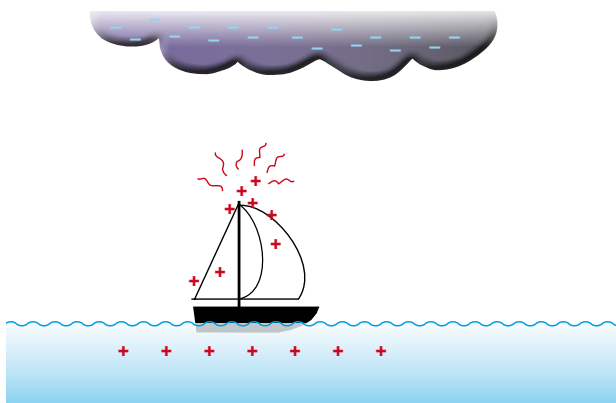


Kuva 6.4. Mastoon infusoitunut staattinen varaus purkautuu salaman iskiessä pilvestä toiseen. Veneen elektroniikkalaitteet saattavat vahingoittua.

pilven sähkö häviää salaman iskiessä pilvestä toiseen. Tällaisesta sekundääripurkauksesta on kysymys, kun veneestä kuuluu yhtä aikaa salamaniskun kanssa räjähdys. Maadoittamaton takilanosia muodostaa varautuneen kondensaattorin toisen navan, kun toinen on meressä. Sama ilmiö tapahtuu esimerkiksi huopakattoisen rakennuksen räystäspellyksellä, jota ei ole maadoitettu. Tällaisen purkauksen sähkömäärä on pieni, mutta veneessä räjähdys kertoo, että jotain on tekemättä suojauksen suhteen, ja purkaus saattaa vaurioittaa sähkö- ja elektroniikkalaitteita.

Elmontuli

Ukkospilven läheisyydessä maanpinnalla saattaa syntyä myös erilaisia paikallisia sähköpurkauksia, jotka eivät johda maan ja pilven väliseen salamaniskuun. Tällainen ilmiö on esimerkiksi elmontuli (ukkospilven aiheuttama staattisen sähkökentän koronapurkaus maston, anten-



Kuva 6.5. Elmontuli on ukkospilven aiheuttama staattisen sähköpurkaus maston huipussa.

nien tai muiden terävien kohteiden huipusta), joka masstoissa leiskuessaan oli tuttu ainakin Gustaf Erikssonin laivoilla Australiasta viljaa purjehtineille Caphoornareille.

Pallosalama

Suomessa pallosalama lienee yleisimmin tunnettu epätavallinen salamanpurkaus. Pallosalama on harvinainen ja erittäin omalaatuinen salamanpurkauksen ilmenemismuoto. Se on hohtava, väriltään punertava tai sinertävä ja halkaisijaltaan 10–20 senttimetrin mittainen pallo tai rengas, joka etenee yleensä vaakatasossa mutkitellen noin 2 m/s nopeudella tuulensuunnasta riippumatta. Pallosalama esiintyy tavallisesti lähellä olevan sähköisen myrskyn loppuvaiheessa. Sen kesto aika vaihtelee muutamasta sekunnista useaan minuuttiin. Äänetön ja hidas katoaminen ovat tyypillisiä punertaville pallosalamoille. Sitä vastoin sinertävän valkoiset pallosalamat katoavat äkillisesti räjähdysmäisesti paukahtaen ja hävitystä aiheuttaen.

Elmontuli ja pallosalamat aiheuttavat joko galvaanisesti tai induktiivisesti veneen radio- ja mittalaitteisiin häiriöitä.

Salamapurkaus

Salamanisku koostuu useimmiten useasta, toisiaan seuraavasta purkauksesta. Noin puolessa tapauksista on perättäisiä purkauksia vähintään kaksi. Koko salaman kesto on keskimäärin sekunnin viidesosa (200 ms). Yksittäisten purkausten välinen aika on keskimäärin 40 ms. Tänä aikana salamakanavassa voi kulkea vakiovirta, mikä selittää sen, että salaman sisältämä energiamäärä saattaa olla suurempi kuin yksittäisten purkausten energiamäärien summa.

Salaman vaara- ja vauriovaikutusten kannalta tärkeitä suureita ovat: salamavirran suuruus, salamavirran jyrkkyys, purkauksen sisältämä varaus sekä purkauksen ominaisenergia (MJ/ohmi).

Jyrinä

Koska ilma salamaurassa kuumenee alle 1/10 000 sekunnissa kymmeneen tuhansiin celsiusasteisiin, kyseessä on kaasuräjähdys. Räjähdys ääni kestää kauan, koska sen kulkema matka ja siten myös kulkuaika (nopeus noin 340 m/s) salamauran eri osista on erilainen.

6.3 Salaman vaikutukset

Salamat voivat vaikuttaa ihmiseen, veneeseen sekä sen laitteisiin usealla eri tavalla.

Vaikutus ihmiseen

Ihmisen läheisyyteen osuva salamanisku voi aiheuttaa vaaraa kosketusjännitteen tai sivuiskun takia. Sivuisku aiheutuu siitä, että iskukohteen potentiaali ylittää jossakin kohdassa lähellä olevan ihmisen ja ilman välisen jännitelujuuden. Mastoon osunut salama ei jatkakaan metallirakenteita pitkin veteen asti, vaan saattaa hypätä ihmiseen. Alkaen noin 3 metrin etäisyydestä mastosta etäisyyteen, joka on noin puolet maston korkeudesta, on alue, jossa ihminen on kuitenkin lähes täydellisesti turvassa salamoilta.

Noin 35 % ihmiseen osuneista suorista salamaniskuisista johtaa välittömään kuolemaan. Sydänkammiovärinä on todennäköinen kuolinsyy. Tappava sydänkammiovärinä syntyy vain, kun isku osuu sydämen toimintajakson ns. haavoittuvalle osalle, joka on noin 30 % koko toimintajaksosta. Kuitenkin on viitteitä myös siitä, että selkäydinjatkoksesta sijaitsevan hengityskeskuksen läpi menevä virta saattaa pitkäksikin ajaksi lamaannuttaa hengityselinten toiminnan. Salamavirta voi kulkea myös kosteaa ihoa tai märkiä vaatteita pitkin, jolloin seurauksena on vaatteiden, ihon tai ruumiinosien palaminen.

Lämpövaikutukset

Salamakanavan keskusosan suuri lämpötila (30000 °C) kestää vain muutamia mikrosekunteja, ja on halkaisijaltaan vain 2 cm. Tästä syystä kaikilla salamaniskuilla ei ole suoraan syyttävää vaikutusta. Keskeinen lämpövaikutus veneessä muodostuu lähinnä iskukohdan ja ohuiden johtimien sulamisesta tai heikosti johtavien materiaalien nopeasta kuumenemisesta. Salamanaisenergian (IEC 62305) perusteella voidaan arvioida metallijohtimien lämpötilan nousua ja sulavan metallin määrää. Kun muutaman millimetrin alueelle keskittään salamaniskun energia, osa metallista suorastaan höyrystyy. Nyrkkisääntönä voidaan sanoa, että salaman sulattaman metallin määrä on 12 mm³/As alumiinia ja 5 mm³/As kuparia.

On huomattava, että pienetkin kosketusresistanssit (esim. R = 0,01 ohmia) tai muuten huonot kontaktit liitoskohdissa aiheuttavat virtalämpöhäviöiden ja kipiönin takia vielä huomattavaa ylimääräistä lämpötilan nousua näissä kohdissa.

Johdot ovat yleensä veneessä listojen takana muovin tai puun keskellä. Jos kuparisen johtimen poikkipinta on 4 mm², niin se voi kuumeta yli 600 °C. Tällöin syttyy niin muovi kuin puukin palamaan välittömästi.

Mekaaniset vaikutukset

Salaman aiheuttamat mekaaniset vaikutukset perustuvat joko magneettikentän ja virrallisen johtimen väliseen

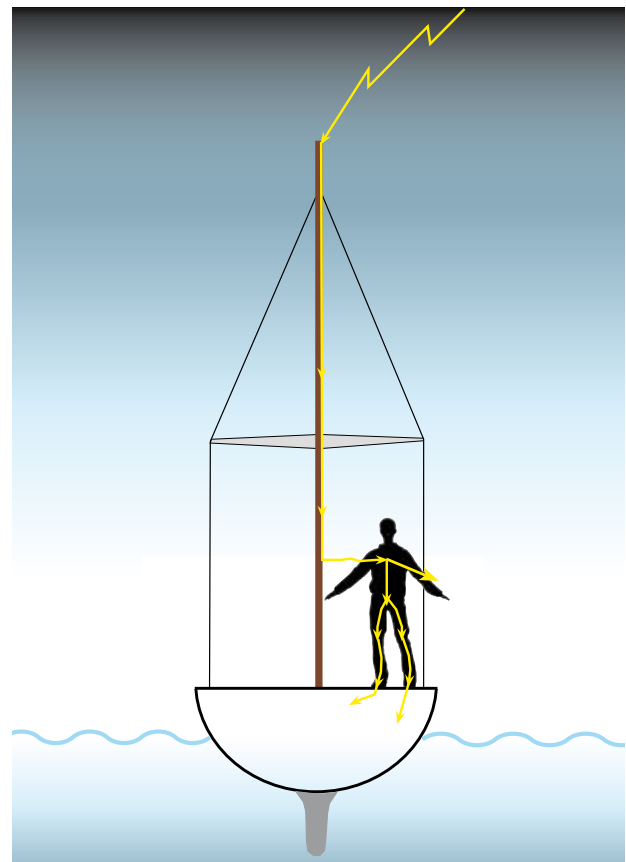
voimavaikutukseen tai kuumentuneen kohteen sisällä tapahtuvaan kaasun lämpölaajenemiseen. Jälkimmäinen ilmiö selittää muun muassa reiät veneen kyljissä tai maston halkeamisen. Huonosti johtavaan tai eristävään aineeseen (esim. lasikuitu) kohdistunut salamanisku aiheuttaa kohteeseen suuren lämpötilan nousun. Materiaalin sisällä oleva kosteus höyrystyy ja iskun kohteeksi joutunut esine saattaa pirstoutua paineen vaikutuksesta.

Mikäli maston maadoitukseen käytetty johto tekee mutkan, pyrkii johdossa kulkevan virran aiheuttama kenttä suoristamaan ko. mutkan.

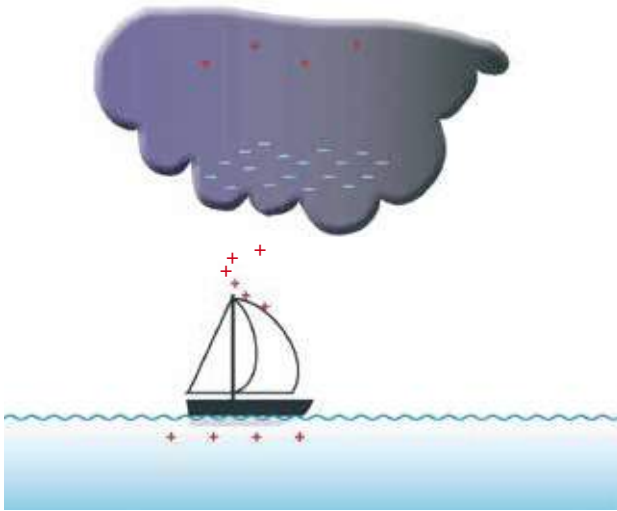
Sähköiset vaikutukset

Negatiivisten salamoiden virran huippuarvo on keskimäärin 12 000 A, ja voi poikkeuksellisen voimakkaalla salamalla olla jopa yli 100 000 A. Positiiviset salamot ovat jonkin verran voimakkaampia kuin negatiiviset, ja niitä on Suomen ilmastossa noin 10 prosenttia kaikista maasalamoista.

Useimmiten veneelle vaarallinen ukkospurkaus kehittyy kuvien 6.7. - 6.9. mukaisesti. Kuva 6.7. esittää alkutilaa, jossa 2 - 10 kilometrin välillä oleva ukkospilvi (kuva 6.3.) sisältää alimpana heikon positiivisen varauksen,



Kuva 6.6. Maadoittamattomasta mastosta saattaa saada vaarallisen sivuiskun, vaikka ei koskettaisikaan maston metalliosiin.

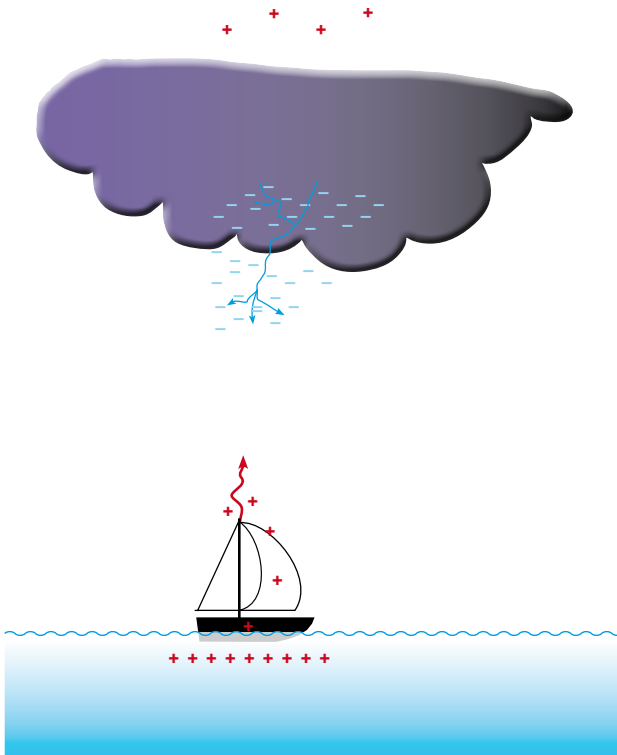


Kuva 6.7. Veneen yläpuolella oleva ukkospilvi influusoi pilven alapuolen varaukselle vastakkaisen varauksen.

vaikka ukkospilven pääasiallinen varaus on negatiivinen. Pilven yläosa on positiivinen. Veteen influusoi pilven negatiivisille varauksille vastakkaismerkkiset varaukset.

Kuvassa 6.8. on pilven alaosan varaus tihentynyt, ja kohdalla olevan veneen mastosta alkaa kehittyä vastaesialama. Pilvestä roikkuu ionisoitunut purkauuskanavan alku, joka kasvaa noin 10 - 200 metrin hypyillä alaspäin.

Pilvestä alaspäin alkava esialama etenee kohti alla olevaa kohdetta. Varsinaisen iskukohdan valinta tapahtuu vasta viimeisen sadan metrin aikana.



Kuva 6.8. Pilvestä roikkuu esialama kohti veneen mastoa.

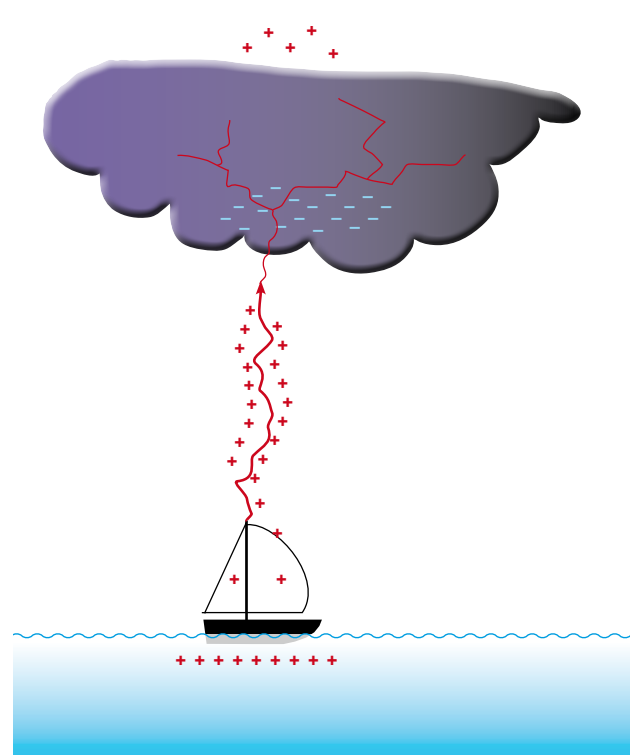
Kuvassa 6.9. on kehittynyt ionisaatiokanava pilven ja veneen välille, ja purkaus alkaa - ensimmäisen kerran hitaana esipurkauksena, jolloin etenemisnopeus on noin 300 kilometriä sekunnissa. Se poistaa osan pilven varauksesta, mutta jättää jälkeensä ionisoituneen kanavan, jota pitkin pääpurkaus alhaalta ylöspäin tapahtuu muutamia kymmentä tuhannesosa sekuntia myöhemmin.

Esi- ja pääpurkauksia esiintyy useita peräkkäin, mutta silmä rekisteröi koko prosessin vain yhtenä välähdyksenä. Pääpurkauksen etenemisnopeus on esipurkaukseen verrattuna moninkertainen. Syntyneessä plasmakanavassa ilma kuumenee 15 000 - 20 000 °C, ja rajusti laajetessaan se aiheuttaa ukkosen jyrisevän äänen.

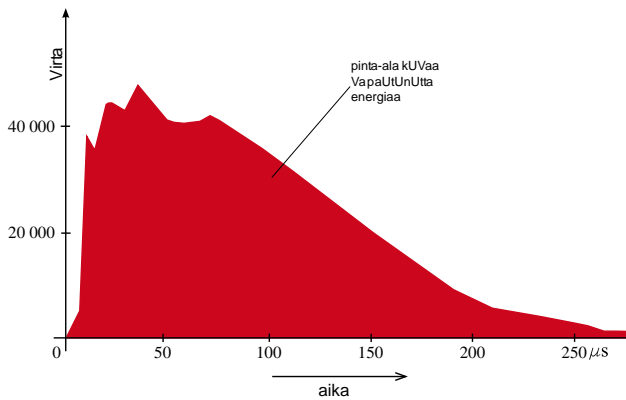
Purkauksen edellytyksenä on niin suuri kentän voimakkuus, että ilman eristyskyvyn läpilyöntilujuus ylittyy. Tämä riippuu mm. ilman kosteudesta ja on suuruusluokkaa 5 000 - 10 000 V/cm.

Vaikka salaman pääpurkauksen impulssin virta on suuri, huipussaan yleensä 30 000 A:n luokkaa, on sen kesto alle sekunnin tuhannesosan. Esipurkauksessa vapautuu varsin pieni sähkömäärä, noin 1 As, mutta pääpurkaus on sähkömäärältään moninkertainen. Koko salamaprosessin aikana purkautuu muutaman kymmenen ampeerisekunnin sähkövaraukset. Purkausvirran muoto ja huippuarvo on kuvan 6.10. mukainen. Kuvan pinta-ala kertoo yhden osaiskun sähkömäärän.

Joskus esiintyy positiivisia salamoita. Tällöin pilven ja maan varaukset ovat päinvastaiset verrattuna kuviin 6.7. - 6.9. Jostain syystä tällainen purkaus kestää yleensä



Kuva 6.9. Pilven ja veneen välille muodostunut ionisaatiokanava on avannut tien varsinaiselle salamalle.



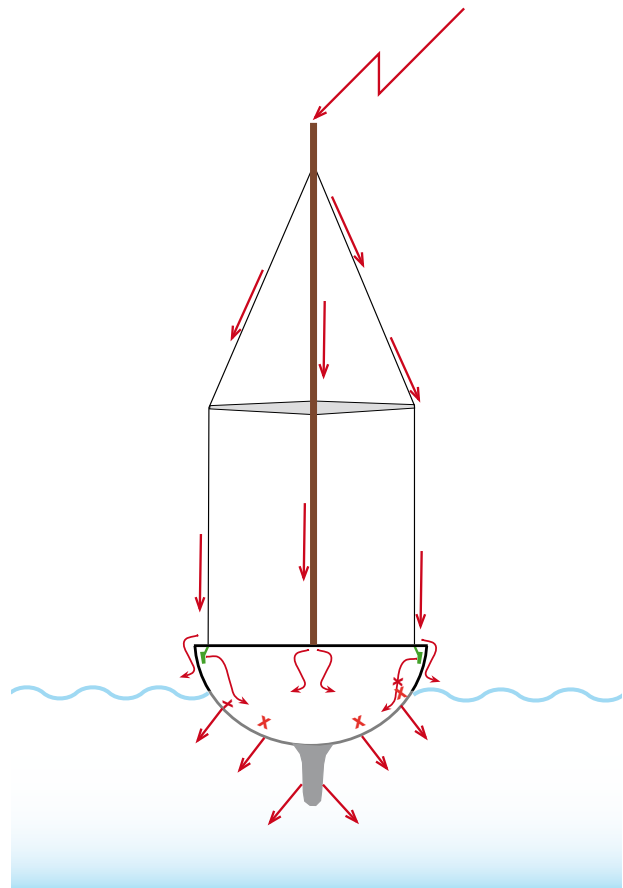
Kuva 6.10. Salaman iskun aikana vapautunut kokonaisvaraus on kuvan pinta-alan suuruinen. Vaikka virta aluksi on suuri, pienenee se parin sadan mikrosekunnin (mikrosekunti = miljoonasosa sekuntia) kuluessa lähes nollaan.

kauemmin ja yhdessä purkauksessa vapautuva sähkömäärä on lähes kymmenkertainen, jolloin vahingotkin ovat selvästi suurempia. Yleensä positiivisten purkausten on katsottu kuuluvan tropiikkiin, mutta on myös esitetty, että maaperään osuneista salamaniskuista jopa puolet olisi positiivisia.

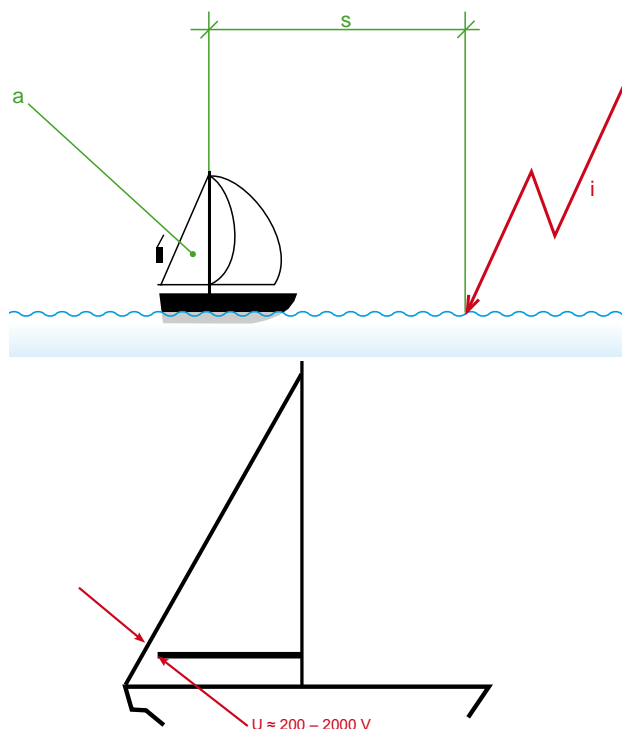
Jos salama purkautuu metallisen johtimen kautta ja purkaustiellä on huonosti johtava kohta (esimerkiksi hapettunut liitos) tämä kohta kuumenee ja palaa poikki. Tällöin johdon katketessa purkaus hakeutuu uudelle tielle. Tämä selittää useimmat monelle eri suunnalle syntyneet vauriot. Kun eri teille haarautunut virta kohtaa erisuuruisia vastuksia, syntyy myös veneen eri osien välille suuria jännite-eroja.

Kun salama purkautuu mereen maston huipun kautta, sen ja meren välillä on usein metallinen yhteys, esimerkiksi potkuriakselia pitkin. Maadoittamattoman vantin alapää on kuitenkin irti vedestä, eli ilmassa sähkön kannalta. Mastossa on useimmiten sähköjohtoja mm. kulkuvaloille. Ylhäältä lukien salaman reitillä on lampu, kaapeli, kytkin, varoke, akku, laturi, moottori, potkurinakseli ja viimein merivesi. On yhdentekevää onko kytkin auki vai kiinni (ilmaväli kytkimessä on ehkä muutama milli ja salama on jo selvinnyt useamman kilometrin läpilyönnistä), myöskään johdon muovieristys ei estä salamaa hakeutumasta tälle reitille. Johtimien vastus on muutaman ohmin suuruusluokkaa, joka on merkityksellisen salaman suuren jännitteen kannalta.

Kun salama iskee maadoittamattoman maston kautta, veneen koko sähköjärjestelmä, johdot, lamput, radiot, kaikuluotaimet, navigaattorit ja muut mittalaitteet ovat hetkellisesti satojentuhansien volttien jännitteessä meriveteen verrattuna. Samoin jännitteellisiä ovat maston vaijerit. Meren potentiaalissa ovat moottori, akku ja – mikä pahinta – ruoriratas.



Kuva 6.11. Kun salama osuu veneeseen, suojaamattoman veneen maston purkaus veteen tapahtuu kaikkia mahdollisia reittejä. Lasikuitulaminaatissa oleva kosteus höyrystyy ja laminaattiin syntyy reikiä.



Kuva 6.12. Salaman antennivaikutus indusoi maston, puomin ja takaharuksen muodostamaan avoimeen silmukkaan suuriakin jännitteitä.

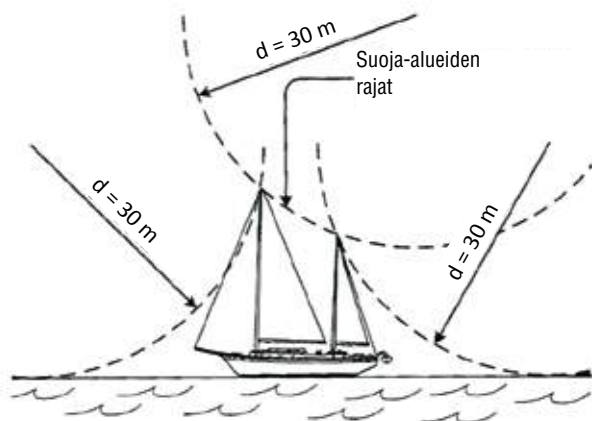
Polttoainesäiliön tilanne ei ole yhtään parempi. Maadoittamattomana se kelluu sähköisesti, jos siihen liittyy vain muovisia tai kumisia putkia. Polttoainemittarin anturi säiliön kannessa saattaa kipinöidessään sytyttää koko säiliön.

Vanttien ja staagien alapään kiinnityskohdat (rustiraudat) on joko laminoitu tai pultattu veneen kylkiin tai laipioihin kiinni, ja ovat yleensä maadoittamatta. Satojen tuhansien volttien jännite meren ja rustiraudan välissä aiheuttaa todennäköisesti läpilyönnin veteen, joko kyljen tai pohjan lasikuitumuovin kautta, jolloin tuloksena on reikä. Toinen mahdollisuus on epämääräinen pintapurkaus pitkin veneen kantta ja kylkiä. Tällaisen reitin resistanssi (vastus) on suuri, jolloin veneen pintaan palaa erilaisia kuvioita.

6.4 Salamasuojaus

Veneen sähkö- ja elektroniikkajärjestelmien salamasuojaus edellyttää suojausta sekä suorilta salamaniskuilta, että kauempaa veteen tapahtuvien iskujen indusoimilta ylijännitteiltä. Ulkoisella suojauksella onkin suuri merkitys sähkö- ja elektroniikkalaitteiden vaurioiden ehkäisemisessä. Kaikkien salamasuojausjohtojen pitäisi kulkea lähellä veneen ulkoreunoja. Liittimien ja liitosten pitää olla tukevia ja korroosionkestäviä. Kaikki liitokset tulisi tarkistaa vuosittain. Jollei käytetä veneen pohjassa erillistä maadoituslevyä, tulisi veneen köli olla osittain maalaamatta. Veneen ulkopuolinen maadoituselektrodi voidaan varustaa kipinävälillä, jolloin vältytään sähkökemialliselta korroosiolta.

Suojausjohdinreittien tulee olla mahdollisimman suorilla: mitä suurempi, sitä pienempi sivuiskun mahdollisuus. Johtimien pitää kestää maksimivirrat kuumen-



Kuva 6.13. Kaksimastaisen veneen mastojen suorilta salamaniskuilta suojaama alue.

tumatta. Minimipoikkipinnat ovat 21 mm² kuparia tai 40 mm² alumiinia (NFPA 780-2008).

Mastojen suojaava vaikutus

Pilvestä alas suuntautuvan esipurkauksen lähestyessä venettä sähkökentän voimakkuus kasvaa maston huipussa. Tietyllä hetkellä ns. koronasyttymisjännite ylittyy ja maston huipusta alkaa kehittyä pilveen suuntautuva vastapurkaus. Tällaisia purkauksia voi syntyä samanaikaisesti useitakin, koska alaspäin suuntautuva esipurkauskanava on yleensä monihaarainen. Lopullinen iskukohta määräytyy, kun alas- ja ylöspäin etenevät purkauskanavat kohtaavat toisensa.

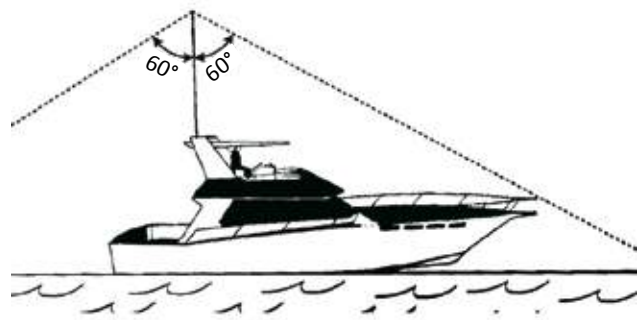
Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että maston antama suoja on 45° alle 20 metrin korkuisilla mastoilla ja pienenee 30° tätä korkeammilla mastoilla.

Salamasuojauksen parantaminen

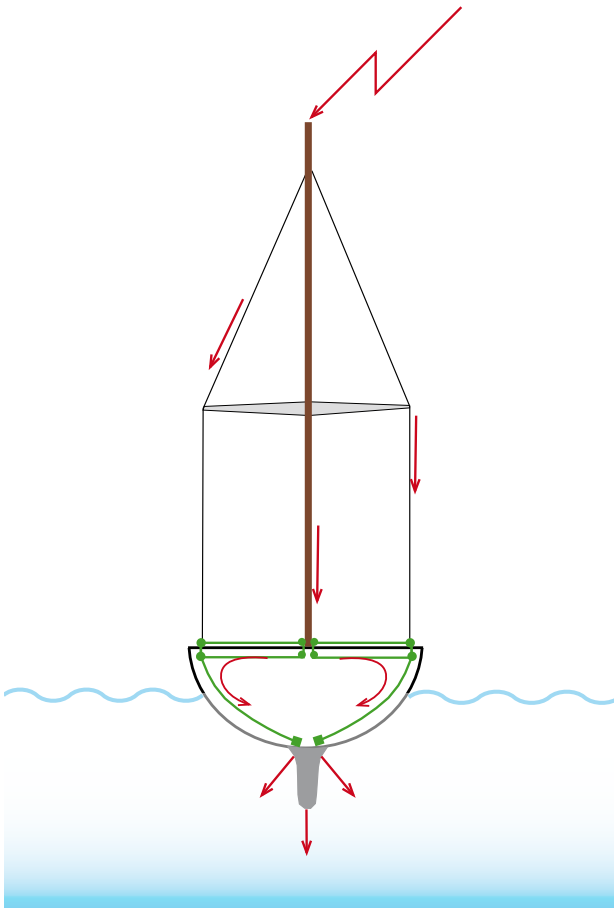
Veneissä nykyään käytetyt alumiinimastot ja ruostumaton terästä olevat vantit toimivat alastulojohtimina, jos ne on oikein maadoitettu veteen.

Salamalle olisi järjestettävä purkautumistiet veneen ulkopuolelle ja estettävä sisäkautta tapahtuva purkautuminen. Kuitenkin masto pitäisi maadoittaa alapäästään tai sen tukipylvään kautta veneen pohjan alle veteen luotettavasti metallisin kontaktein. Vaikka hytin läpi menevässä mastossa tai sitä tukevassa metallitolpassa kulkee hetkellisesti tuhansien ampeerien virta, kestää masto ja tolppa sen kuumenematta.

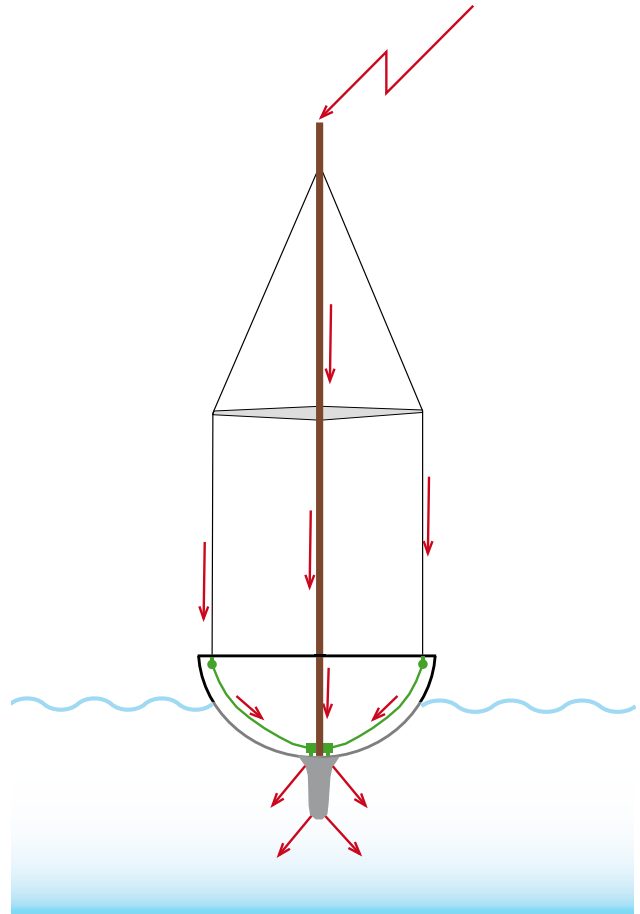
Valmiin veneen ukkosuojausta voi parantaa yhdistämällä rustiraudat veneen laidan sisäpinnassa kulkevalla kaapelilla kölin kiinnityspultteihin (kuvat 6.15. ja 6.16.). Läpimenevä maston tapauksessa mastokenkä on hyvä maadoittaa kölipultteihin.



Kuva 6.14. Moottoriveneen antennimaston suorilta salamaniskuilta suojaama alue.



Kuva 6.15. Kannelle tuetun maston ukkossuojaus.



Kuva 6.16. Läpimenevän maston ukkossuojaus.

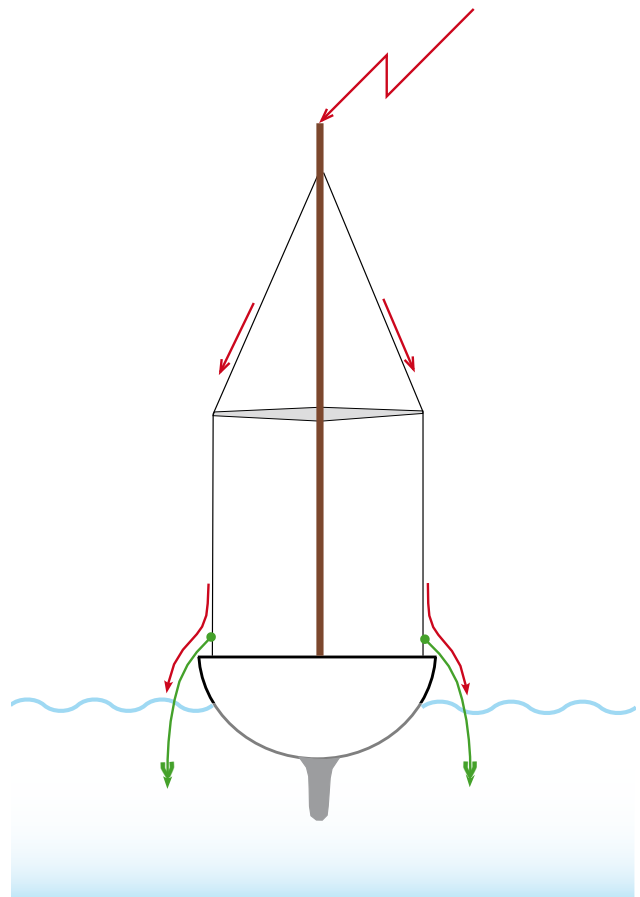
Hätätoimenpiteitä

Jos edellä mainitut maadoitusvaihtoehdot ovat jääneet jostain syystä hoitamatta ja ukonilma lähestyy, voi vielä ryhtyä muutamiin varotoimenpiteisiin. Ensiksikin on syytä huomata, ettei ukkospilvi kulje välttämättä samaan suuntaan kuin tuuli meren pinnassa. Pilvi kasvaa usein vastatuuleen.

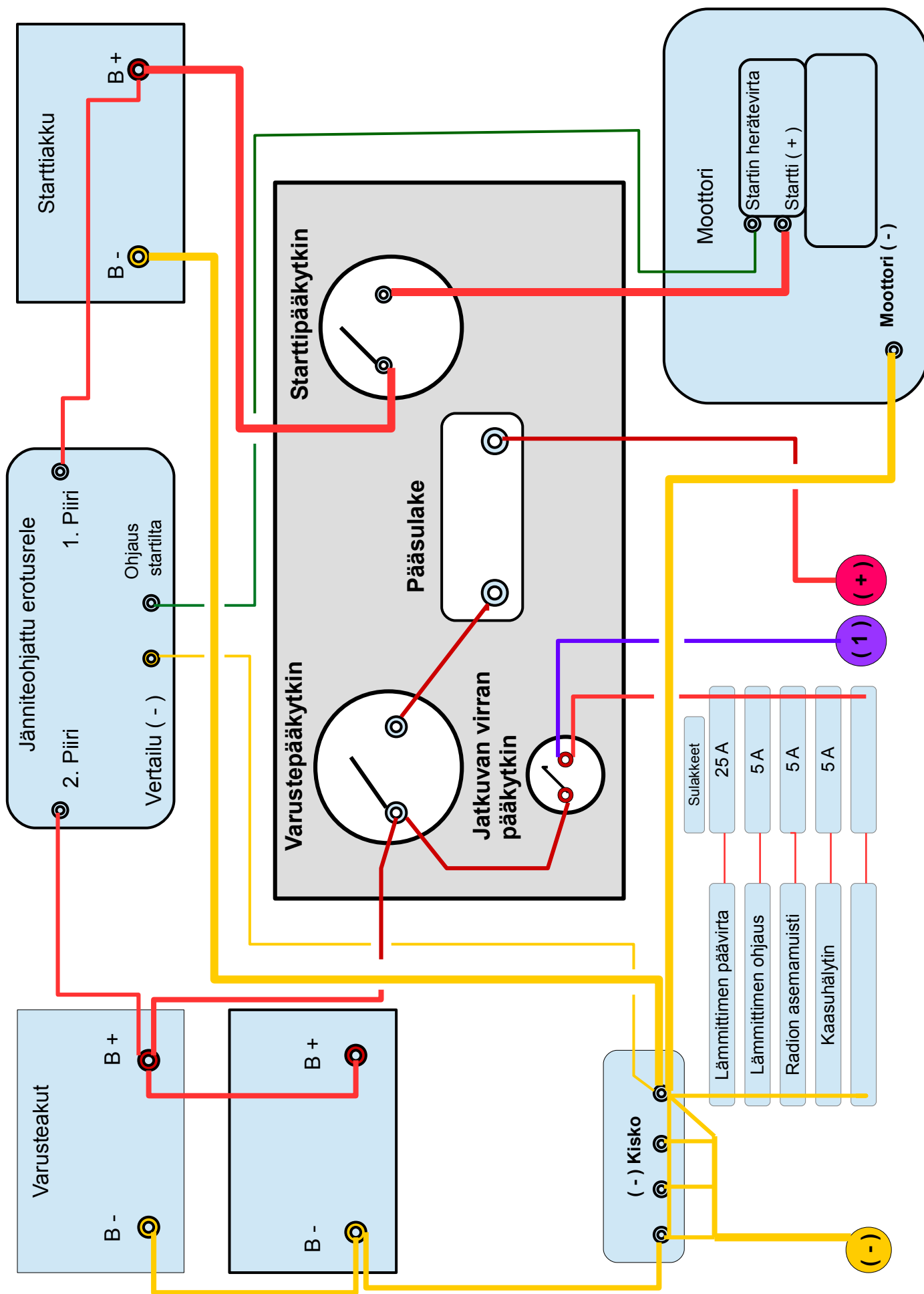
Ukkosen ajaksi pitää mastovalojen kaapelitulppa samoin kuin antennin koaksiaaliliitin irrottaa. Pika-avun ukkosmaadoitukseen saa esimerkiksi autosta veneeseen siirretyistä varakäynnistyskaapeleista. Käynnistyskaapelit kiinnitetään puristimillaan vantteihin kummallekin puolen venettä ja toinen pää pudotetaan mereen (kuva 6.17.). Samaan tarkoitukseen voi käyttää myös ankkurikettinkä.

Oli maadoitusta tai ei, on vene joka tapauksessa ympäristöään korkeampi, ja siksi todennäköisin salaman iskun kohde. Veneen kohdalla etäisyys pilveen on lyhyempi kuin muualla.

Salaman iskun kohteeksi joutuminen Suomessa on todella huonoa tuuria. Mutta jokainen salama osuu aina johonkin. Suomessa arvioidaan salaman iskevän veneeseen keskimäärin kerran vuodessa.



Kuva 6.17. Auton käynnistyskaapeleilla toteutettu hätämaadoitus.

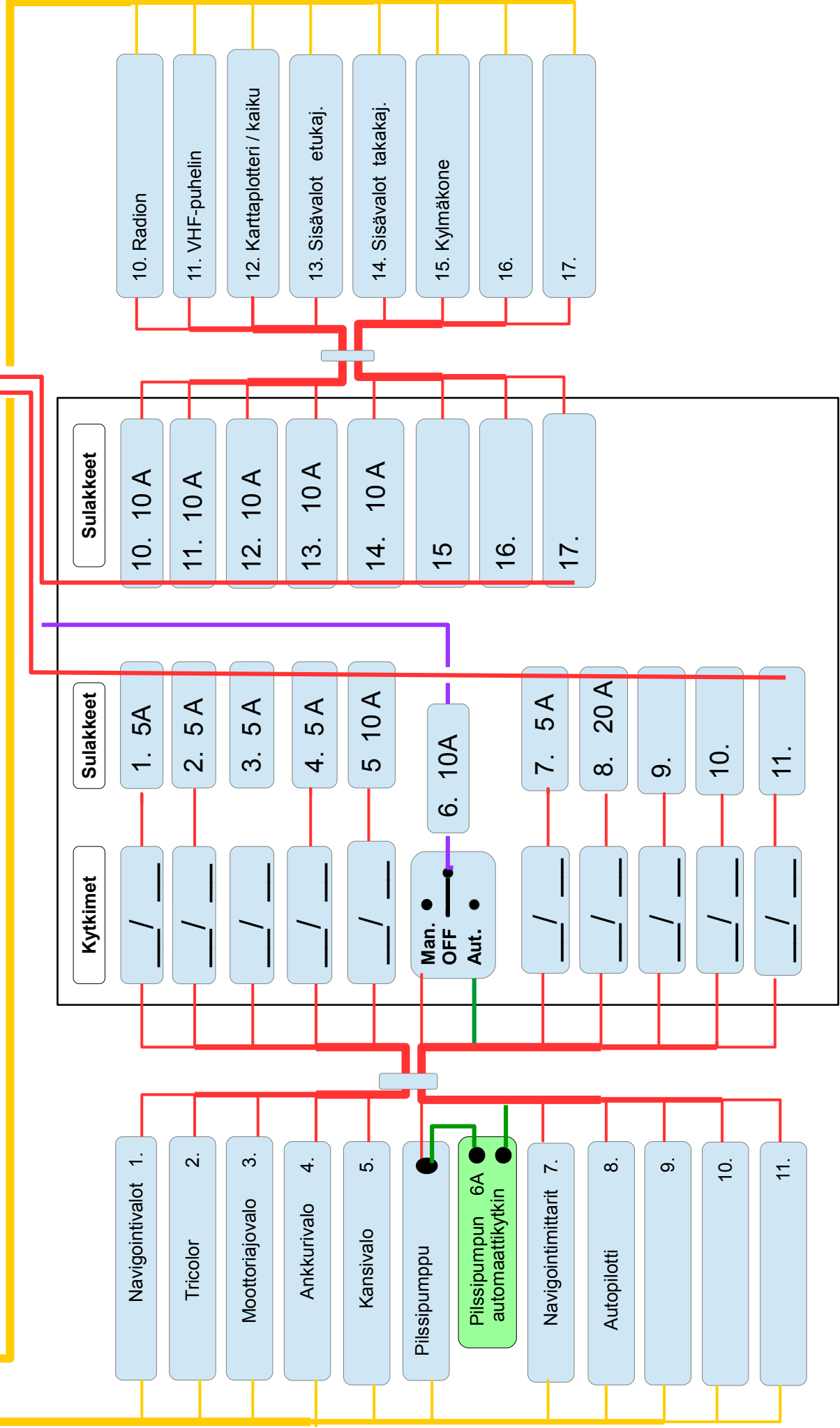


(-)

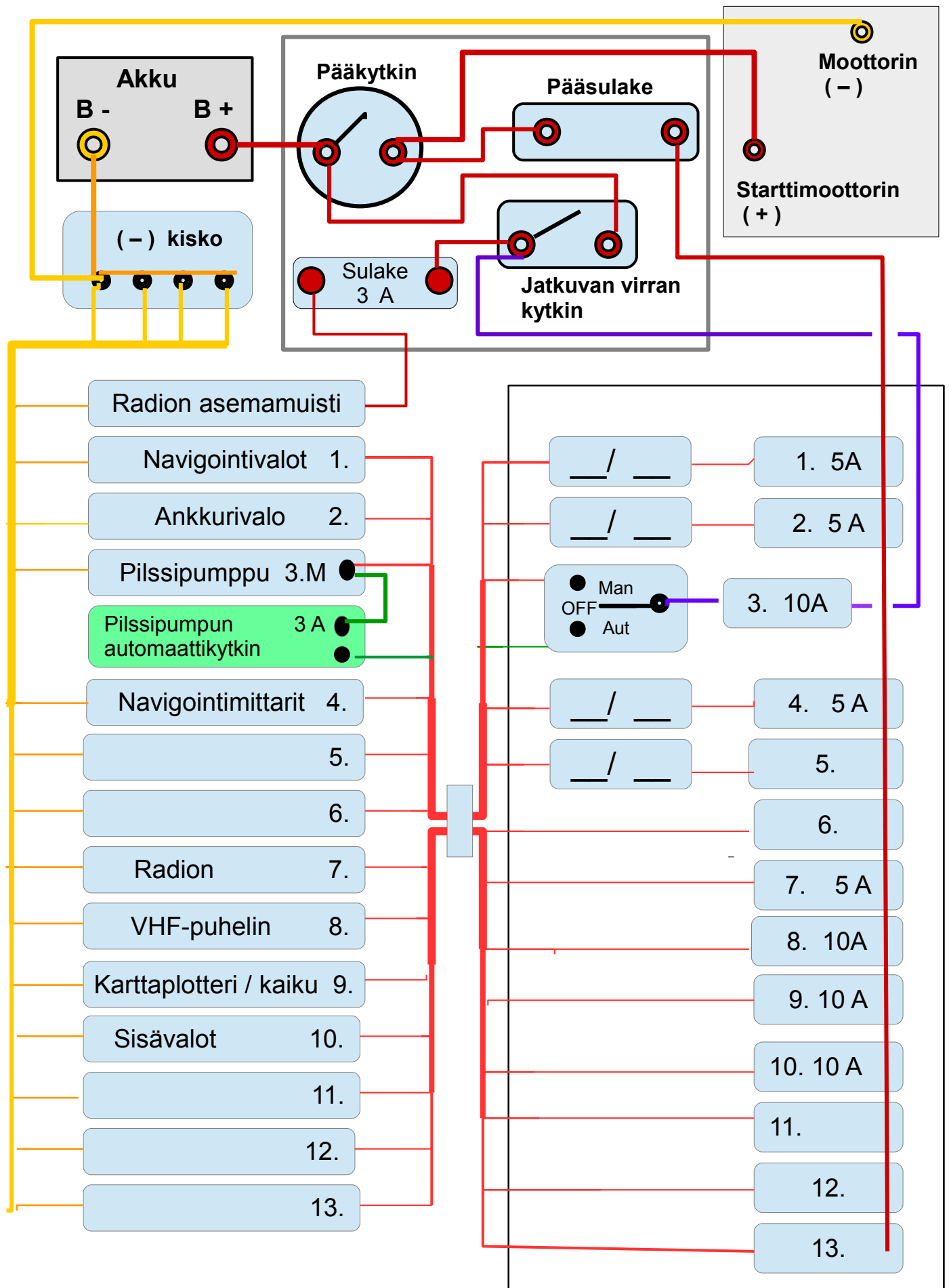
Kytkinpaneeli & sulaketaulu

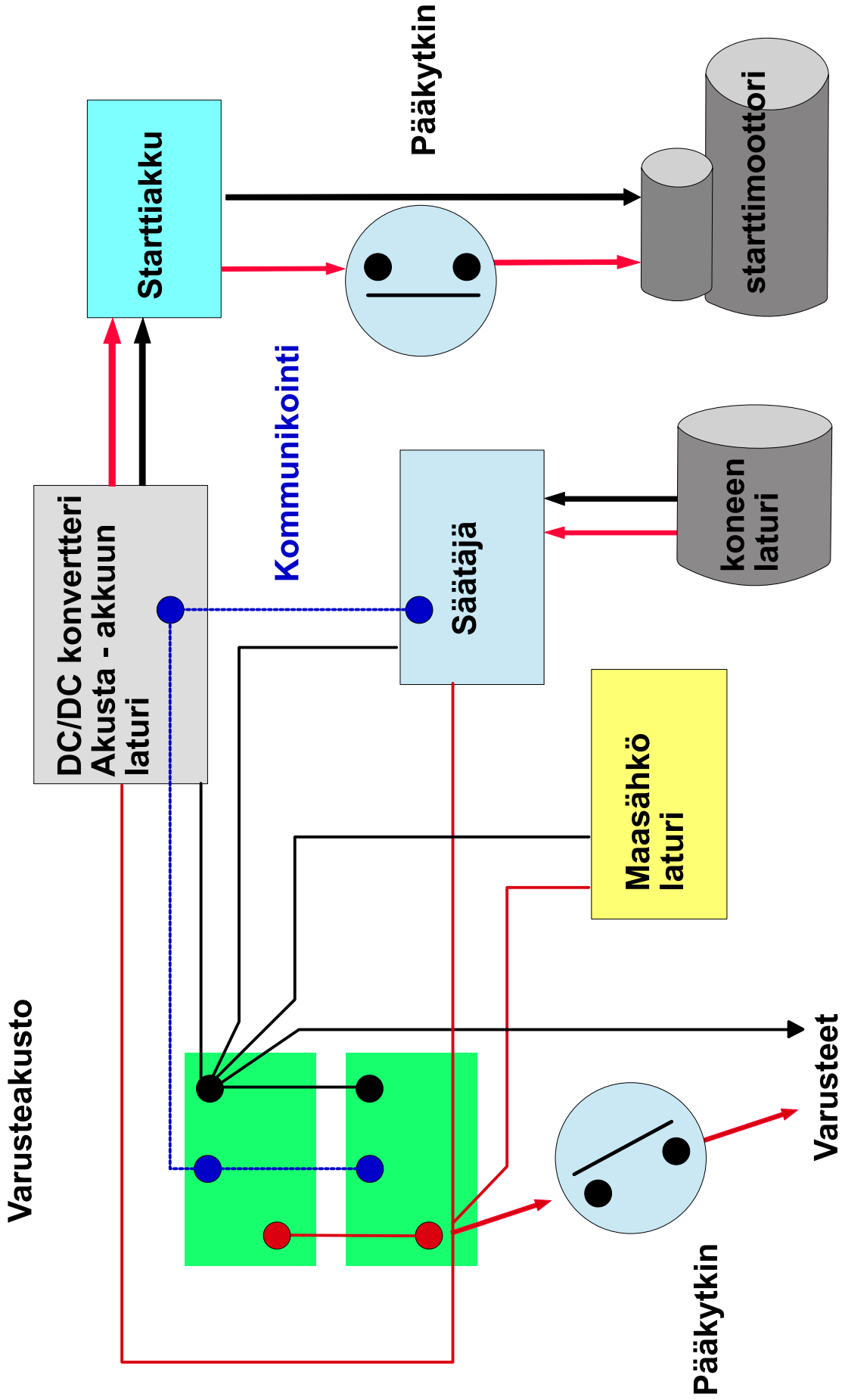
(1)

(+)



Yhden akun järjestelmä





oma vene

Vene	
Veneen nimi	
rekisteritunnus	
purjenumero	
VHf-kutsu	
rungon Cin-koodi	
malli	
tyyppi	
Suunnittelija	
Valmistaja	
Valmistusvuosi	
pituus	
leveys	
Uppouma	
moottori	
tyyppi	
merkki	
malli	
teho	
tunnistenumero	

Huviveneiden Ce-merkintä

jotta vene voidaan myydä Suomessa, on valmistajan tai maahantuojan varustettava vene Ce-vaatimustenmukaisuuksella. eU:n vaatimustenmukaisuusvakuutus on asiakirja, jossa valmistaja tai sen valtuuttama edustaja euroopan talousalueella ilmoittaa, että tuote täyttää kaikki siihen sovellettavien direktiivien vaatimukset.

Ce-merkinnän tekee aina valmistaja itse sen jälkeen, kun tarvittava vaatimustenmukaisuuden arviointi on suoritettu. tämä tarkoittaa, että ennen kuin vene varustetaan Ce-merkinnällä ja se tuodaan markkinoille, sille on ensin tehtävä vaatimustenmukaisuuden arviointi. arvioinnissa on noudatettava siihen sovellettavia direktiivejä. Direktiiveissä määritellään, voiko valmistaja suorittaa vaatimustenmukaisuuden arvioinnin itse vai tarvitaanko ulkopuolista tahoa (ilmoitettua arviointilaitosta).

Vaatimustenmukaisuusvakuutus sisältää valmistajan nimen ja osoitteen sekä tiedot tuotteesta (esim. merkki ja sarjanumero). Valmistajan tai sen valtuuttaman edustajan palveluksessa olevan henkilön on allekirjoitettava vaatimustenmukaisuusvakuutus. allekirjoittajan asema on myös ilmoitettava.







Huvivenedirektiivi luokittelee veneet käyttöalueen mukaan ja antaa osviittaa ennen kaikkea turvallisuuteen. Direktiivi määrittelee veneiden rakenteellisten vaatimusten ohella melu- ja päästörajoitukset. Ce-kilpi on vakuutus siitä, että vene täyttää sille asetetut vaatimukset. moottoreita ja monia veneen erillisiä komponentteja, kuten polttoainesäiliötä, koskee vastaava sertifiointi. CE-kilven lisäksi veneissä tulee olla sekä rungon Cin-koodi että omistajan käsikirja suomeksi ja ruotsiksi.

Veneiden käyttöalueet ja niiden mukaiset luokitukset:

- A.** Valtameri (ocean). merkitsevä aallonkorkeus ylittää 4 m ja matka suojaan rannikolle kestää jopa useita vuorokausia tai viikkoja.
- B.** avomeri (off shore). merkitsevä aallonkorkeus alle 4 m. meillä avomeri tarkoittaa lähinnä itämeren ja sen avoimia osia selvästi rannikon ulkopuolella.
- C.** rannikko (inshore). merkitsevä aallonkorkeus alle 2 m, eli meillä suurimmat järvenselät ja saaristo. rannikoksi voi suurimmaksi osaksi laskea, säästä riippuen, myös matkat tukholmaan, tallinnaan ja merenkurkun yli, sillä aallokon noustessa näistä kapeikoista ennättää nopealla veneellä pois.
- D.** Suojaisat vedet (Sheltered Waters). merkitsevä aallonkorkeus alle 0,3 m. käytännössä suojaiset järvet ja rannikolla sisäsaaristo.

CE-kilpeen tulee merkitä:

- veneen käyttöalue ja luokitus
- valmistajan nimi
- valmistajan suositus suurimmasta sallitusta kuormasta
- valmistajan suositus matkustajamäärästä
- suurin moottoriteho, jolle vene on suunniteltu.

Venetyyppi – Båttyp – Boat type	
Valmistaja – Tillverkare – Manufacturer	
Suunnitteluluokka Båtkategori Boat design category	Optio – Option
	
	kg
	kg
	on serfioinut har certifierat has certified
	venetyypin båttypen boat type
	tuotannon produktionen production

Kolme eri tapaa, joilla ilmoitus CE-vaatimustenmukaisuudesta voidaan antaa ja CE-kilpi asentaa:

1. Valmistaja antaa vaatimustenmukaisuusvakuutuksen. Valmistaja vakuuttaa, että vene on valmistettu valmistajan ilmoittaman tyyppiluokan direktiivin mukaan, ja että dokumentit siitä on asianmukaisesti taltioitu. mitään virallista ennakoivaa valvontaa ei ole. Valvonta rajoittuu jälkeen päin suoritettuun markkinavalvontaan.
2. Valmistaja on antanut veneen suunnittelu-dokumentit ja yhden veneen jollekin luokituslaitokselle tarkistettavaksi. luokituslaitos tarkistaa suunnitelmat, kelluvuuden ja vakauden sekä muut direktiivien määräykset veneen tyyppiluokalle. luokituslaitos vakuuttaa, että jos vene valmistetaan heille annettujen dokumenttien mukaan ja sarjaveneet ovat testatun mukaisia, vene täyttää direktiivien määräykset.
3. Valmistaja on antanut veneen suunnittelu-dokumentit luokituslaitokselle, joka tarkistaa suunnitelmat. luokituslaitos käy useaan otteeseen veistämöllä tarkistamassa, että vene valmistetaan annettujen suunnitelmien mukaan. kun vene on valmis, tekee luokituslaitos testit. laitos antaa todistuksen siitä, että juuri tämä vene täyttää direktiivien määräykset tai ne standardit, jonka mukaan vene on valmistettu. tätä menetelmää käytetään kalliissa veneissä, yksinkappalein valmistetuissa veneissä tai jos valmistaja jostain muusta syystä haluaa tarkastuttaa valmistamansa veneet.

Poikkeukset

jos veneen käyttötarkoitus on jokin muu kuin huviveneily – esim. vuokravene, charter-vene, työvene, matkustajalus – sen rakennetta, varustusta ja katsastusta koskevat erilaiset säädökset.

kilpaveneet, purjelaudat, historiallisten alusten jäljitelmät (vanhempi kuin vm. 1950), koekäyttöön tehdyt veneet sekä omaan käyttöön itse rakennetut veneet voivat poiketa direktiivistä. Itse rakennettu vene on kuitenkin sertifioitava, jos se myydään edelleen ennen kuin valmistumisesta on kulunut viisi vuotta.

Lisätietoja: www.tukes.fi

STEK

Sähkötekniikan ja energiatehokkuuden edistämiskeskus STEK ry on yleishyödyllinen yhdistys, joka edistää sähkön käytön turvallisuutta ja luotettavuutta, sähköisiä energiatehokkuusratkaisuja sekä älykästä sähkön käyttöä keräämällä, tuottamalla ja jakamalla tietoa.

STEK rahoittaa sähköistysalan yleishyödyllisiä hankkeita. Rahoitusta voi hakea vuosittain keväisin ja syksyisin. Tarkemmat hakuohjeet löytyvät STEKin verkkopalvelusta www.stek.fi

STEK on myös sitoutunut sähköalan yhteiseen ohjelmaan "Hyvinvointia sähköllä – visio 2030", ja huomioi rahoituksessaan tätä visiota edistäviä hankkeita. Vision omat verkkosivut löytyvät osoitteesta www.hyvinvointiasähköllä.fi

Kysy sähköstä?

STEKin verkkopalvelun kautta voit lähettää kaikenlaisia kysymyksiäsi sähköstä – asiantuntijamme vastaavat.

www.stek.fi