

# SÄHKÖ

Kaikki mitä veneilijän tulee tietää sähköstä ja sen käytöstä veneissä.

# JAVENE



SUOMEN PURJEHDUS JA VENEILY  
SEGLING OCH BÅTSPORT I FINLAND

Uudistettu painos 2024

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
6. uudistettu painos 2024 Suomen Purjehdus ja veneily (SPV) ry.

Opas on vapaasti tulostettavissa SPV:n Campus Sähkö ja Vene kurssialueelta  
[www.campus.spv.fi](http://www.campus.spv.fi) ja tilattavissa SPV:n verkkokaupasta (<https://spv.fi/kauppa/>),  
mutta sen kaikenlainen kaupallinen käyttö on kielletty ilman SPV:n lupaa.

Kuvat: Bjørn Norheim, Ulriikka Lipasti, Reijo Lintula, Tuomas Huikko, Jukka Toivakka,  
Juha Pasanen ja Juha Tähti.  
Liitteiden kytkentäkaaviot: Juha Tähti

©SPV

Ulkoasu ja taitto: Reeta Ek  
Paino: Grano

Suomen Purjehdus ja Veneily ry  
Valimotie 10  
00380 Helsinki

[www.spv.fi](http://www.spv.fi)

# LUKIJALLE

Kädessäsi on Suomen Purjehdus ja Veneily (SPV) ry:n julkaisema Sähkö ja Vene -opas 2024. SPV jatkaa maineikkaan oppaan julkaisemista Sähkötekniikan ja energiatehokkuuden edistämiskeskus STEK ry:n myötävaikutuksella. STEK julkaisi oppaan ensimmäisen version vuonna 2010, jonka jälkeen sitä on uudistettu vuosina 2015, 2017, 2019 ja vuonna 2022. Nyt SPV:llä on kunnia jatkaa perinnettä julkaisemalla 6. painos vuonna 2024.

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. Tämän uudistetun painoksen 2024 sisältöä on kirjoitettu veneilijän kannalta helppolukuisemmaksi. Uutena asiana on Tuomas Huikon Meri-VHF/DSC-radiojärjestelmän asennuksia ja vianetsintää selventävä osio. Lisäksi tekstissä on huomioitu uusien standardien ja sähköturvallisuusmääräyksiä mukaiset asiat.

Keskeinen tavoitteemme on parantaa veneilyturvallisuutta oppaan antamalla neuvoilla. Esimerkiksi 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.

Suomen Purjehdus ja Veneily (SPV) ry. kiittää erityisesti Sähkötekniikan ja energiatehokkuuden edistämiskeskus STEK ry:tä ja haluaa kiittää toimituskuntaa: Juha Tähti, Timo Kekkonen, Reijo Lintula, Tero Savolainen ja Jukka Toivakka. Toimituskunta on valmistellut käsikirjoituksen taittoon huomioiden tekniikan muutokset ja veneilijöiden vaatimukset.

Kiitämme myös kaikkia niitä venealan yrityksiä, jotka ovat olleet jakamassa oppaan tekijöille tietoa veneen sähköistyksestä ja elektroniikasta. Opas on ladattavissa veloittamattomasti pdf-muodossa SPV:n sivuilta ([www.campus.spv.fi](http://www.campus.spv.fi)). Campuksessa Sähkö ja Vene kurssiin on koottu myös opasta ja veneiden sähköistystä tukevaa materiaalia sekä oppaan sisältöön perustuva koulutusmateriaali. Otamme mielellämme vastaan kommentteja ja ideoita oppaan ja Campuksen veneilyä koskevan sisällön kehittämiseksi.

## **Timo Kekkonen**

Sähkötekniikan ja energiatehokkuuden edistämiskeskus STEK ry

## **Jukka Toivakka**

Suomen Purjehdus ja Veneily (SPV) ry, koulutustoimikunta

# TAUSTAA

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

Tiukentuneet päästörajoitukset vaativat tarkempaa moottorinohjausta, mikä saattaa viedä kymmeniä ampeereja virtaa. Moottoritehtaat käyttävät nykyisin yhä tehokkaampia latureita, veneen sähköjärjestelmän akkukapasiteetti ja lataustehot vastaavat yleensä veneen valmistushetken vaatimuksia ja tarpeita. Varusteiden määrä lisättäessä virrankulutus nousee, tällöin tulee muistaa turvata veneen kaikkien varusteiden ja laitteiden virransaanti lisäämällä akkukapasiteettia ja lataustehoa.

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 litiumioniakustojen sekä hybridi- ja täyssähkö -propulsiojärjestelmien akustojen lataaminen maasähköstä on haaste, etenkin jos halutaan käyttää suurteholatureita.

Tällä hetkellä akkuteollisuus panostaa voimakkaasti kiinteä elektrolyyttisten litiumioniakkujen kehitystyöhön nopeuttamaan latausta, pienentämään akkujen kokoa ja näin parannettaisiin energiatehokkuutta sekä akkujen paloturvallisuutta. Tämä akkuteknologian muutos tulee lisäämään haasteita veneen latausjärjestelmän ja latausinfraan rakentamisessa.

Uusissa suuremmissa veneissä on siirrytty käyttämään varusteiden hallintaan väyläsähköjärjestelmää, jossa mekaaniset kytkimet on korvattu kosketusnäytön virtuaalikytkimillä. Järjestelmä on laajasti käytössä autoissa, mutta asettaa venekäytössä omat haasteensa turvallisuudelle. Autonhan voi vikatilanteessa pysäköidä tien sivuun, veneellä tilanne voi olla haastavampi.

Viranomaiset ja standardisointijärjestöt laativat uusia direktiivejä, standardeja ja ohjeita. Uusia kotimaassa valmistettuja ja ulkomailta tuotuja veneitä koskee huvivenedirektiivi ja sen tukena yli 70 standardia.

Uusi huvivenedirektiivi (2013/53/EU) tuli voimaan kahden vuoden siirtymäkauden jälkeen 17.1.2014. Huvivenedirektiivi tuli kansallisesti velvoittavaksi uudella lailla huviveneiden turvallisuudesta ja päästövaatimuksista (1217/2015) 18.1.2016 alkaen. Veneiden sähköasennuksia koskee standardi EN ISO 13297:2021 Small craft. Electrical systems. Alternating and direct current installations (ISO 13297:2020), joka kumosi aiemmat standardit (SFS-EN ISO 10133:2017 ja SFS-EN ISO 13297:2018). Standardia ei ole saatavissa suomenkielisenä.

EU-alueella aiemmin käytössä olleita vanhoja veneitä eivät uudet direktiivit ja standardit koske, eikä niissä olevia kiinteitä asennuksia ole pakko muuttaa uusien vaatimusten mukaisiksi. Uusien asennusten ja veneessä olevien siirrettävien sähkölaitteiden tulee kuitenkin täyttää kaikki voimassa olevat säädökset ja standardit ja niiden tulee olla CE-merkittyjä ja valmistajan vaatimustenmukaisuusvaatimuksella varustettuja. Valmistaja on voinut lisäksi testauttaa laitteen turvallisuuden ilmoitetulla laitoksella, jolloin laitteessa on kyseisen laitoksen merkki. Euroopassa tavallisia merkkejä ovat esimerkiksi FI, S, N, D, TÜV jne. ([www.fi-merkki.fi](http://www.fi-merkki.fi)). CE-merkintä ei ole yleinen turvallisuusmerkki. Se ei takaa, että tuote olisi erityisen laadukas tai helppokäyttöinen. Se ei erottele tuotteiden paremmuutta. Lisätietoja CE-merkinnästä löytyy TUKES:in sivuilta: <https://tukes.fi/ tuotteet-ja-palvelut/ce-merkinta>.

Tämän oppaan tavoitteena on antaa yksinkertaisia neuvoja veneen sähköjärjestelmien ja -laitteiden 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 turvallisuuden takia jättää valtuutetulle sähköurakoitsijalle.

Oppaan lopussa on liitteinä veneilijää palvelevia työkaluja dokumentoida oman veneen sähkölaitteisto. Liitteissä on esimerkin omaisesti erilaisia kytkentäkaavioita, joita voi täydentää oman veneen tiedoilla.

Kaikkien veneen laitteiden tarkastus ja kunnossapito on Merilain ja Vesiliikennelain ([www.finlex.fi](http://www.finlex.fi)) mukaan päällikön tai varustajan vastuulla. Huviveneistä ja -aluksista puhuttaessa varustaja on useimmiten veneen omistaja.

Julkaisumme edustaa huomattavaa lisää suomalaisen venesähköohjeistukseen ja suomalainen julkaisija toivoo sen edistävän venesähköasiaa ja erityisesti siihen liittyvää sähköturvallisuutta.

# SISÄLTÖ

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. VENEEN SÄHKÖJÄRJESTELMÄT</b>   | <b>10</b> |
| 1.1. MITÄ SÄHKÖ ON? .....  | 10        |
| Sähköläjit   |           |
| 1.2. SÄHKÖN PERUSKÄSITTEET .....   | 10        |
| Akkukapasiteetti / Nimelliskapasiteetti / Galvaaninen yhteys / Suojaluokitus IP-luokat / Sähkö- ja elektroniikkajäte   |           |
| <b>2. VENEEN 12 V -TASASÄHKÖJÄRJESTELMÄ</b>  | <b>14</b> |
| 2.1. 12 V-TASASÄHKÖJÄRJESTELMÄN LAITTEET .....   | 14        |
| Elektroniikkalaitteet  |           |
| 2.2. LYIJYHAPPOAKKUJEN RAKENNE JA TOIMINTA .....   | 14        |
| Lyijyhappoakun positiivinen ja negatiivinen napa / Kemiallinen prosessi / Tyhjä akku / Räjähdyksaasua  |           |
| 2.3. AKKUTYYPIN VALINTA KÄYTTÖTARKOITUKSEN MUKAAN .....  | 16        |
| Käynnistysakku / Monikäyttöakku / Käyttöakku   |           |
| 2.4. AKUN VALINTA RAKENTEEN MUKAAN .....   | 17        |
| Nesteakut / AGM-akut / Hyytelöakut / Lyijyhappoakun rakenteet ja lisäaineet / Litiumioni- tai litiumakut / Kiinteä elektrolyytin litiumioniakku / Akkujen virrantuotokyky  |           |
| 2.5. AKUSTON JA AKKUJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU .....   | 20        |
| Erilaisia litiumioniakkuja / Sähköntarve veneessä / Nimellisteho / Kulutus / Akkukapasiteetin (Q) riittävyys / Latausaika  |           |
| 2.6. AKKUJEN TURVALLISUUS, SIIJOITUS, LUKUMÄÄRÄ JA HOITO .....   | 22        |
| Turvallisuus ja sijoitus / Kuinka monta akkua? / Rinnan- ja sarjakytkentä / Rinnankytkentä / Sarjakytkentä / Akun hoito ja säilytys / Akun puhdistus / Akun säilytys   |           |
| 2.7. AKKUJEN VALVONTALAITTEET .....  | 24        |
| Volttimittari / Ampeerimittari / Akunvalvontamittari tai -monitori ja akkutesteri  |           |
| 2.8. AKUN LATAUSJÄRJESTELMÄT .....   | 26        |
| Moottorin generaattori / Generaattorin elilaturin toiminta / Jänniteensäädin / Perämoottorien virrantuotto / Aurinkopaneelit / Aurinkopaneelien sijoitus / Aurinkopaneelin lataussäätimet / Tuuligeneraattori / Laahus-, potkuri- ja perälautageneraattori / Polttokenno |           |
| 2.9. LATAUKSEN JAKOLAITTEET .....  | 29        |
| Jakodiodit/älykäs jakodiodi / Erotus/päävirta- kytkin / Erotusrele tai elektroninen erotin   |           |
| 2.10. TASASÄHKÖJÄRJESTELMÄN MUITA KOMPONENTTEJA .....  | 31        |
| Pääkytkinjärjestelmä / Pääsulakkeet / Johtimet / Sulakkeet, kytkimet ja liitokset  |           |
| 2.11. ANTENNI JA TIETOLIIKENNEVERKOT .....   | 33        |
| CAN-väylät / NMEA0183 / Merkkikohtaiset verkot / NMEA2000 / Ethernet / Langaton tiedonsiirto ja WIFI/LAN / Älysähköjärjestelmä   |           |
| 2.12. MERI-VHF/DCS-RADIOTEKNIIKAN PERUSTEITA VENEILIJÄLLE .....  | 35        |
| Radiotaajuinen tiedonsiirto  |           |
| 2.13. SÄHKÖISET PROPULSIOJÄRJESTELMÄT .....  | 36        |
| Keula- ja perämoottorit  |           |
| <b>3. VENEEN 230 V -MAASÄHKÖJÄRJESTELMÄ</b>  | <b>38</b> |
| 3.1. LIITYNTÄPISTE LAITURILLA .....  | 38        |
| Venesatamien sähköistys / Syöttövirran riittävyys laiturin liitännäpisteellä / Laiturialueen sähköistyksen kunnossapito  |           |
| 3.2. LIITÄNTÄJOHTO JA LIITYNTÄRSIA VENEESSÄ .....  | 40        |
| Liitännäjohto / Liityntärsia veneessä / Veneen kytkeminen ja irrottaminen maasähköstä  |           |
| 3.3. VENEEN MAASÄHKÖKESKUS .....   | 41        |
| Oikosulku- ja vikavirtasuojaus / Vikavirtasuojat / Vikavirtasuojan toimintaperiaate ja tehtävä   |           |
| 3.4. KULUTUSLAITTEET .....   | 43        |
| Lämmivesivaraaja / Maasähköakkulaturi / Lataaminen maasähköstä / Muut kulutuslaitteet  |           |

|           |  |           |  |
|-----------|--|-----------|--|
| 3.5.      | <b>SÄHKÖJÄRJESTELMIEN EROTTAMINEN</b> ..... 44   | 5.5.      | <b>SULAKKEET, LAITESULAKKEET JA KYTKIMET</b> ..... 62  |
|           | Suojaerotusmuuntaja ja sen kytkentä / Switch Mode -tekniikka ja sen kytkentä   |           | Sulaketyypit / Automaattisulakkeet / Sulakerasiaa koskevat nyrkkisäännöt / Releohjaus / Starttimoottori / Suoraan akkuun   |
| 3.6.      | <b>VENEEN SISÄINEN VERKONHALLINTAYKSIKKÖ, INVERTTERI JA GENERAATTORIT</b> ..... 45   | 5.6.      | <b>KULUTUSLAITTEET</b> ..... 64  |
|           | Verkonhallintayksikkö / Invertteri / Siirrettävät virtalähteet / Kiinteästi asennettu aggregaatti / Siirrettävät varavirtalähteet  |           | Valaisimet / LED-polttimot ja -nauhat / Kulkuvalot   |
| 3.7.      | <b>VASTUUKYSYMYKSET</b> ..... 47   | 5.7.      | <b>MAADOITUS JA ANTENNIT</b> ..... 66  |
|           | Veneen omistajan vastuu / Sähköurakoitsijan vastuu / Vastuu laiturisähköstä  |           | Antennit / Tiedonsiirtoväylät / NMEA0183 / NMEA2000 / NMEA2000-verkon vaatimuksia / Toimiiko NMEA2000-verkko?  |
| 3.8.      | <b>SALLITUT SÄHKÖASENNUKSET</b> ..... 47   | 5.8.      | <b>MERI-VHF/DSC-RADIOJÄRJESTELMÄ</b> ..... 69  |
|           |  |           | Via netsintä / Koaksiaalikaapelin ja liittimien tarkistus / Toimivuuden tarkistaminen yhteyskokeilulla   |
| <b>4.</b> | <b>KORROOSIO</b> ..... <b>48</b>   | 5.9.      | <b>SÄHKÖVIKOJEN ETSINTÄ</b> ..... 70   |
| 4.1.      | <b>KORROOSIOSTA YLEISESTI</b> ..... 48   |           | Kun laite ei toimi / Suljettu virtapiiri / Vianetsintä jännitteen avulla / Vianetsintä ilman jännitettä / LED-lamput   |
|           | Hapettuminen / Kalvaaninen korrosio / Jännitesarja   | 5.10.     | <b>HÄIRIÖISTÄ</b> ..... 72   |
| 4.2.      | <b>KORROOSIOLTA SUOJAUTUMINEN</b> ..... 50   |           | Muita häiriölähteitä / Häiriölähteen etsiminen / Häiriöiden poisto   |
|           | Eristäminen / Suoja-anodit eli passiivinen korrosiosuojaus   | <b>6.</b> | <b>UKKONEN JA SALAMOINTI</b> ..... <b>74</b>   |
| 4.3.      | <b>UUOVIRRAN AIHEUTTAMA KORROOSIO</b> ..... 51   | 6.1.      | <b>UKKOSPILVEN MUODOSTUMINEN JA SÄHKÖISTYMINEN</b> ..... 74  |
|           | Kosteuden poistaminen / Galvaaninen eristin eli ”Zinc Saver”   | 6.2.      | <b>SALAMAN ESIINTYMISTAVAT</b> ..... 75  |
| <b>5.</b> | <b>ASENNUSVINKKEJÄ JA VIANETSINTÄ</b> ..... <b>53</b>  |           | Elmontuli / Pallosalama / Salamapurkaus  |
| 5.1.      | <b>AKUT</b> ..... 53   | 6.3.      | <b>SALAMAN VAIKUTUKSET</b> ..... 76  |
|           | Akkujen asentaminen / Akkujen vioista  |           | Lämpövaikutukset ja palovaara / Mekaaniset vaikutukset / Sähköiset vaikutukset / Vaikutus ihmiseen / Salaman kehittyminen ja kulkureitit veneessä / Salaman sähkövirran kulku veneessä |
| 5.2.      | <b>LYIJYHAPPOAKUT</b> ..... 53   | 6.4.      | <b>SALAMASUOJAUS</b> ..... 79  |
|           | Kennojen sulfatoituminen / Ikääntyminen / Kenno-oikosulku / Litiumioniakkujen viat   |           | Mastojen suojaava vaikutus / Salamasuojauksen parantaminen / Hätätöimenpiteitä   |
| 5.3.      | <b>LATAUKSEN MÄÄRÄN ARVIOINTI</b> ..... 54   |           |  |
|           | Moottorin- ja maasähkölaturin koko / Latausjännite / Laturin johtimien poikkipinta-ala / Akkukaapeleiden pituus / Ohjausjännitteen mittauspisteen siirto / Muita tapoja tehostaa latausta / Tehokkaampi laturi / Litiumioniakut ja moottorin laturi        |           | <b>ESIMERKKIKYTKENTÖJÄ LIITTEISSÄ</b> ..... <b>82</b>  |
| 5.4.      | <b>JOHTIMET, LIITOKSET JA NIIDEN ASENNUS</b> ..... 58  | 1.1.      | <b>KAHDEN AKUN JÄRJESTELMÄ</b> ..... 82  |
|           | Syöttövirta, johtimen poikkipinta-ala / Johdotuksen suunnittelu ja asennus / Merkinnät / Ulos asennetut johdot / Starttimoottorin johto / Liitoksista / Veneessä käytetään puristusliitoksia / Kaapelikengät / Oikea eristeen poisto / Hyvä puristusliitos | 1.2.      | <b>KYTKINPANEELI JA SULAKETAULU</b> ..... 83   |
|           |  | 2.        | <b>YHDEN AKUN JÄRJESTELMÄ</b> ..... 84   |
|           |  | 3.        | <b>LITIUMAKUSTON KYTKENTÄ AKUSTA-AKKUUN-LATURILLA</b> ..... 85   |
|           |  |           | <b>MUISTIINPANOJA</b> ..... 86   |

# 1.

## VEENEEN SÄHKÖJÄRJESTELMÄT

Sähkö ja elektroniikka on kiistattomasti veneturvallisuuteen ja nautinnolliseen veneilyyn liittyvä kiinteä osakokonaisuus. SPV:n veneilijä- ja venepäällikkökurssien osaamistavoitteita ovat kyky ja taito huolehtia ja ylläpitää veneen teknistä kuntoa mukaan lukien sähkölaitteet ja navigointielektroniikka.

Veneessä on useita erilaisia ja eri standardien mukaisia sähkölaitteita ja -järjestelmiä, nämä on jaoteltu tässä oppaassa seuraavasti:

- 9–50 V DC-sähköjärjestelmä (DC=Direct Current) on yleinen veneissä käytetty standardin mukainen nimitys matala jännitteisille järjestelmille, mitkä muodostuvat edellä mainitulla jännitteellä toimivista laitteista, joita ovat mm. akut, navigointilaitteet, kulkuvalot, sisävalot, LVI-järjestelmät ja sähköiset propulsio -laitteet. Tässä oppaassa käytetään yleisesti käytettyä nimitystä 12 V -tasasähköjärjestelmä.
- Tietoliikennejärjestelmä käsittää muun muassa CAN-väylät, NMEA183- ja NMEA2000-verkot, merkki-kohtaiset verkot, Ethernet ja wifi -verkot sekä meri-VHF ja AIS-järjestelmät.
- Veneiden ”ällysähkö”-järjestelmää voi verrata autoissa käytössä olevaa väyläohjaukseen, esim. CAN-väylä.
- Sähköiset propulsiojärjestelmät pitävät sisällään keula- ja perämoottorit sekä suuremmat veneen liikuttamiseen käytetyt sähköiset vetolaitteet.
- 230 V AC-sähköjärjestelmä (AC=Alternation Current) on standardin mukainen nimitys yksivaiheiselle vaihtosähkölle. Tässä oppaassa käytetään nimitystä 230 V -vaihtosähkö, joka käsittää kaikki tämän jänniteryhmän järjestelmät, muun muassa maasähkön, invertterin ja generaattorin.

Oppaan sisältö ja annetut käytännön ohjeet avautuvat paremmin, kun ymmärtää sähköopin perusteet, sähköön olemuksen sekä käytetyt nimitykset ja suuret sekä niiden keskinäisen riippuvuuden. Perusteisiin voi perehtyä seuraavissa kappaleissa.

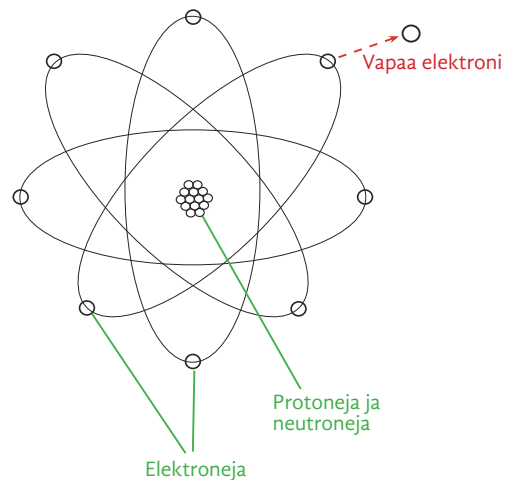
### 1.1. MITÄ SÄHKÖ ON?

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.

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.

Luonnossa elektronien erilaiset määrät eri kappaleissa pyrkivät tasoittumaan, niin että elektronit lähtevät liikkeelle; negatiivisesti varautuneet elektronit siirtyvät miinusnavasta (katodi) plusnapaan (anodi). Sähkövirran suunnaksi on kuitenkin sovittu plusnavasta miinusnapaan. Kuva 1.1. Protonien määrä ilmaisee alkuaineen numeron. Vetyatomi on kevein (1 protoni). Uraani U238 on raskain (92 protonia).



1.1. Atomin rakenne.

### Sähkölajit

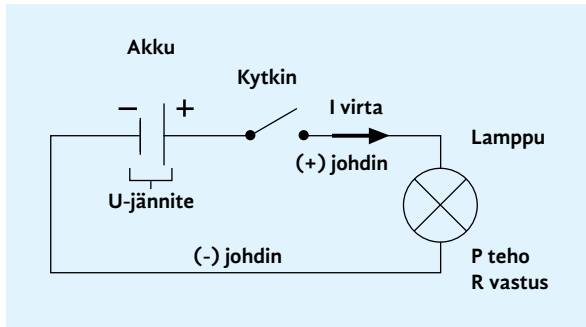
Tasasähkössä elektronit liikkuvat jatkuvasti samaan suuntaan miinuksesta plussaan eli katodista anodiin. Akkujen ja paristojen toiminta perustuu tasasähköön. Tasasähkössä myös puhutaan plus- ja miinusjohtimista sekä -navoista. Vaihtosähkössä elektrodit liikkuvat edestakaisin. Suomen sähkönjakeluverkossa käytetään vaihtosähköä, jonka virtalähteinä olevien generaattoreiden pyöriessä niiden napaisuus ja samalla elektronien kulkusuunta vaihtuu 50 kertaa sekunnissa eli vaihtosähkön taajuus on 50 hertsiä. Vaihtosähkössä johtimia nimitetään vaihe-, nolla- ja suojamaajohtimiksi.

### 1.2. SÄHKÖN PERUSKÄSITTEET

Peruskäsitteitä ovat: virta, jännite, vastus ja teho

- Sähkövirran tunnus on I, sen yksikkö on ampeeri (A)
- Sähköjännitteen tunnus on U, sen yksikkö on voltti (V)

- Resistanssin tunnus on  $R$ , sen yksikkö on ohmi ( $\Omega$ ), ominaisuus, jolla aine vastustaa sähkön kulkua.
- Tehon tunnus on  $P$ , sen yksikkö on watti ( $W$ ). Teho ilmaisee laitteen tehokkuuden tai kuinka paljon laite kuluttaa energiaa toimiakseen.
- Virtapiiri kuvaa sähköisten laitteiden kytkentää toisiinsa ja sähkövirran kulkua virtalähteestä kulutuskohteisiin.



1.2. Avoin ja suljettu virtapiiri.

Käsitteet virta ja jännite ovat perusta kaikille sähköön liittyville asioille, joten aluksi tutustutaan niihin oheisen virtapiirikaavion avulla. Kaaviossa akun plusnapa on kytketty (+) johtimella kytkimen kautta lampulle ja (-) johtimella takaisin akun miinusnapaan. Veneessä runkomateriaalista riippumatta sähkö vietään käyttökohteeseen kahdella johtimella.

Kun kytkin on ON-asennossa, johtimissa kulkee virta  $I$  ja lampussa on valo, eli virtapiiri on suljettu. Kun kytkin avataan OFF-asentoon, valo sammuu, virtapiiri on avoin. Jännite ( $U$ ) on mitattavissa esimerkiksi akun (+) ja (-) -naisvoista yleismittarilla.

Virta ( $I$ ) riippuu lampun tehosta ( $P$ ) ja vastuksesta ( $R$ ).

Jännitteen laskukaavaa  $U = R \times I$  tunnetaan myös Ohmin lakina, josta on johdettu tehon laskentakaava  $P = U \times I$ . Sähköteho  $P$  on watteina ( $W$ ) jännitteen  $U$  voltteina ( $V$ ) ja virran  $I$  ampeereina ( $A$ ) tulo.

Ennen teho ilmoitettiin hevosvoimina ( $hv$ ). Nykyisin teho ilmoitetaan watteina. Venemoottorien teho ilmoitetaan kilowateissa ( $kW$ ).  $1 kW = 1000 W$ ,  $1 hv = 0,736 kW$ ,  $1 kW = 1,36 hv$ .

Huviveneissä käytetään tyypillisesti nimellisjännitteeltään  $12 V$  tai  $24 V$  -tasasähköjärjestelmiä. Käyttöohjeissa käytetään myös lyhennettä DC (direct current eli tasasähköjärjestelmä). Veneen jännitemittarista seurattuna jännite vaihtelee eri tilanteissa. Kun akkuja ladataan, on jännite korkeampi, tavallisen nestelyjyäkun täyden varauksen latausjännite on n.  $14,7 V$ . Kun täysin varattuna akku ei kuormiteta (pääkytkin OFF-asennossa) on lepojännite noin  $12,7 V$ . Kun akku kuormitetaan, laskee jännite  $12,5-11,5 V$  välille, akun varaustilan mukaan. Oppaassa puhu-

taan tasasähköjärjestelmästä, jonka nimellisjännite on  $12 V$ , jota käytetään laskentakaavoissa. Muita tasasähköjärjestelmän jännitearvoja käytetään, kun ne ovat oleellisia koasian osalta.

Tasasähköjärjestelmässä ( $12 V$ ) on sekä hyviä että huonoja puolia. Näin pienellä jännitteellä sähköisku ei aiheuta vaaraa ihmisille, mutta toisaalta käytettyjen virtojen pitää olla 20 kertaa suurempia, jotta saavutettaisiin samat tehot kuin kotona sähköä käytettäessä. Kotona käytettävää sähköenergiaa ei sellaisenaan varastoida, vaan kaikki voimalaitosten sähköverkkoon tuottama sähkö kulutetaan samanaikaisesti.

Laitteistossa, joka perustuu matalaan  $12$  voltin jännitteeseen, on helppoa varastoida sähköenergiaa akkuihin. Koska autoteollisuudessa käytetään samaa  $12$  voltin jännitettä, on sieltä ollut mahdollisuus saada teknologiaa ja massatuotteita myös venekäyttöön.  $12$  voltin jännitteellä on varjopuolensakin. Suuren virran takia johtoliitoksissa syntyvät jännitehäviöt pienentävät käyttöpaikan jännitettä ja saatavaa tehoa. Esimerkiksi valot palavat himmeästi tai laite ei käynnisty, jopa voltin kymmenesosilla on suuri merkitys. Lisäksi suuret virrat tarvitsevat paksumat johdot.

## Akkukapasiteetti

Akkuun varastoidun energian määrää nimitetään akkukapasiteetiksi, joka ilmaistaan ampeeritunteina ( $Ah$ ). Akun käyttötarkoituksen mukaan siitä voidaan ottaa paljon virtaa vähän aikaa tai vähemmän virtaa pitempään. Akku voidaan myös ladata samanaikaisesti, kun sitä tyhjennetään.

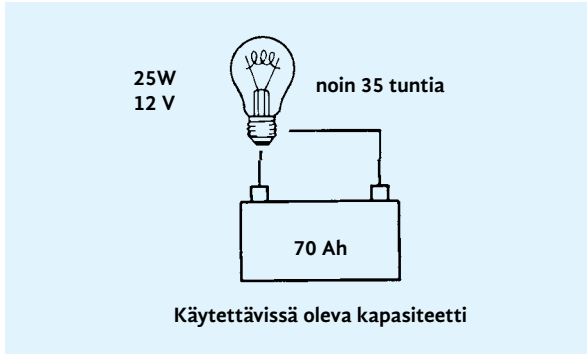
Useimmille laitteille on ilmoitettu määrätty teho, siis wattien ( $W$ ) tai kilowattien ( $kW$ ) määrä, joka kuluu niitä käytettäessä. Kun halutaan saada tämä käännetyksi ampeereiksi, pitää jännite ottaa mukaan yhdeksi suureeksi. Veneissä on yleisimmin käytössä  $12 V$  -järjestelmä.

Kaavat:

- Teho ( $P$ ) = Jännite ( $U$ ) x Virta ( $I$ ) eli  $P = U \times I$ , tehon yksikkö on  $VA = \text{voltiampeeri} = W = \text{watti}$ .
- Laitteen tarvitsema virta ( $I$ ) = teho ( $P$ ) / jännite ( $U$ ) virran yksikkö on ampeerit  $A = VA/V$
- Kapasiteetti ( $Q$ ) = virta ( $I$ ) x aika ( $t$ ) eli  $Q = I \times t$ , kapasiteetin yksikkö  $Ah = A \times h$
- Toiminta-aika ( $t$ ) voidaan laskea  $t = Q/I$ , ajan yksikkö  $h = Ah/h$
- Energia ( $E$ ) = teho ( $P$ ) \* aika ( $t$ ) eli  $E = P \times t$  energiayksikkö  $Wh = \text{wattitunti}$

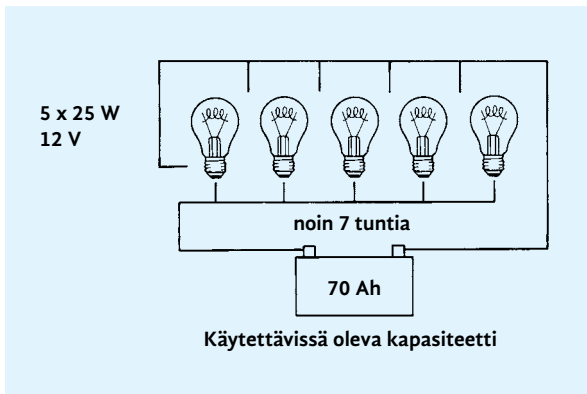


Esimerkiksi yksi 25 W valaisin tarvitsee täten virtaa  $I = P/U = 25 \text{ VA}/12 \text{ V} = 2,1 \text{ A}$ . Jos käytävissä on 70 Ah kapasiteetti (Q), valaisin valaisee  $t = Q/I = 70 \text{ Ah}/2,1 \text{ A} = 33,3 \text{ h}$ .



1.3. Pieni teho - valaisee 35 h.

Kun 25 W valaisimia kytketään 5 kappaletta rinnakkain niin virta  $I = 5 * 25 \text{ VA}/12 \text{ V} = 10,4 \text{ A}$ . Samalla 70 Ah kapasiteetilla valaisimet valaisevat vain  $t = 70 \text{ Ah}/10,4 \text{ A} = 6,7 \text{ h}$ .



1.4. Suuri teho - valaisee 7 h.

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

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.

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

Moottorin käynnistämiseen tarkoitettu akku kykenee antamaan hyvinkin korkeaa virtaa (200-800 A) lyhyen ajan kerrallaan muutamia kertoja, jotta moottori saadaan käynnistettyä. Käyttöakku eli "hupiakku" ei kykene antamaan isoja virtoja, eikä näin ollen sovellu moottorin käynnistämiseen.

Akkujen teknisissä tiedoissa on yleensä mainittuna hetkellinen ja jatkuva maksimi virrantuotto. Tieto on hyvin tärkeä, kun mietitään litiumioni akun soveltumista suunniteltuun tarkoitukseen.

## Nimelliskapasiteetti

Tavallisesti nimelliskapasiteetin ilmoittaminen perustuu C20-testiin. Tällöin esimerkiksi 100 Ah nimelliskapasiteetin akku kuormitetaan 20 tunnin ajan virralla:  $100 \text{ Ah} / 20 \text{ h} = 5 \text{ A}$ . Testin loppujännite on 10,5 V, mutta ei alle. Käynnistysakuille yleensä ilmoitetaan C20-testin kapasiteetti.

On syytä huomata, että testeissä akku ajetaan syväpurettu-tilaan. Normaalkäytössä veneissä laitteet lopettavat toimintansa, kun jännite laskee 11,5 V tasolle.

Eri tarkoituksiin suunniteltuja akkuja testataan tyypillisesti eri C-testeillä. Laitteakuiksi suunnitelluille akuille käytetään usein toisena kapasiteetti-arvona C100-testin arvoa esimerkiksi 136 Ah AGM akku; C20-testillä saadaan kapasiteetiksi 118 Ah ja C100-testillä 136 Ah = hitaasti purkamalla saadaan akusta merkittävästi suurempi Ah-määrä = käyttöakku pystyy antamaan pientä virtaa pitkään.

Käynnistysakkuksi suunnitellun akun C100-testillä mitattu kapasiteetti on vain marginaalisesti suurempi kuin C20-testillä saatu tulos. Se tarkoittaa, että käynnistysakku ei ole hyvä käyttöakku.

## Galvaaninen yhteys

Oppaassa käytetään useassa yhteydessä nimitystä "galvaaninen yhteys" joka syntyy kun kaksi metallia liitetään yhteen suoraan tai johtimen välityksellä.

Suora yhteys

- suoja-anodi, esimerkiksi sinkki ja alumiini, ruuvataan kiinni vetolaitteeseen tai potkuriakseliin korroosiovaurioiden estämiseksi.

Johtimen välityksellä

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

Galvaaninen yhteys on hyödyllinen ja välttämätön sekä haitallinen. Sähkölaitteiden toiminnan kannalta se on välttämätöntä mutta esimerkiksi vuotovirtojen esiintyminen on yleensä haitallista ja vaatii suojaustoimenpiteitä. Sähkökemiallinen eli galvaaninen korrosio aiheutuu kahden eri metallin välillä, kun ne yhdistetään toisiinsa ja upotetaan sähköä johtavaan liuokseen eli elektrolyyttiin. Veneiden ollessa vedessä, merivesi toimii elektrolyytinä ja veneen rakenteissa on erilaisia metalleja. Lisäksi mahdolliset sähköjärjestelmän vuotovirrat voivat voimistaa sähkö-

kemiallista korroosiota. Korroosioista ja siltä suojautumiseen tarkemmin (luku 4 Korroosio sivulla 47.)

## 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. Alla olevasta 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

## Sähkö- ja elektroniikkajäte

Kaikki käytöstä poistettava sähkö- ja elektroniikkajäte on hyötyjätettä, sillä valtaosa materiaalista voidaan käyttää uudelleen tuotannossa tai kierrättää muihin tarkoituksiin. Jokainen vastuuntuntoinen veneilijä toimittaa nämä asianmukaisesti kierrätyspisteeseen, joissa ne yleensä otetaan vastaan veloitusetta.

Kierrätykseen viedyistä tavaroista saadaan samalla ongelmajäteosiot 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 muissa kennoissa voi silti olla huomattava varaus ja oikosulkuutilanteessa syntyä ilmeinen tulipalon vaara.

Litiumioniakkujen kohdalla turvalliset menettelytavat korostuvat johtuen suuresta energiatiheydestä ja luonnostaan reaktiivisista valmistusaineista. 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. Koska käyttö tulee lisääntymään, tulee kierrätys olemaan erityisen tärkeää.

Suurten litiumioniakkujen kierrätys on vaativaa ja vielä osin järjestämättä. Kiinteäelektrolyyttiset akut tulevat vaatimaan oman kierrätysjärjestelynsä. Tämä tulee olemaan haasteellista koska näitä akkuja tullaan valmistamaan useammalla teknologialla.

Kuitenkin joitakin yleisiä ohjeita on hyvä noudattaa:

- litiumioniakun tunnistaa Li-merkinnästä
- toimita litiumioniakut NIILLE TARKOITETTUUN keräyspisteeseen ja jollei sellaista ole, palauta ne myyjälle tai maahantuojalle, 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.**

Katso paikkakuntaiset ohjeet ja kierrätyspisteet: <https://www.kierratys.info/>.

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

### 1.5. Sähkölaitteiden suojaluokitus eli IP-luokat.

# 2.

## VENEEN 12 V -TASASÄHKÖJÄRJESTELMÄ

Tässä kappaleessa käsitellään 12 V -tasasähköjärjestelmän toimintaa ja komponentteja. Korkeimpia 24 V, 36 V ja 48 V -tasajännitteitä käytetään lähinnä suuritehoisissa inverttereissä ja sähköisissä propulsiojärjestelmissä.

Keskeisiä komponentteja ovat:

- akku/akusto
- akun/akuston valvontalaitteet
- latausjärjestelmät
- latauksen jakolaitteet
- pääkytkimet
- pääsulakkeet
- johtimet
- laitesulakkeet ja -kytkimet
- navigointi- ja kulutuslaitteet
- antennit, tietoliikenneverkot
- meri-VHF/DSC-radiojärjestelmät.

### 2.1. TASASÄHKÖJÄRJESTELMÄN LAITTEET

Tänä päivänä merkittävä osa kulutus- ja elektroniikkalaitteista toimii laajalla jännitealueella 9-30 V DC. Tämä helpottaa laitevalintaa ja asennusta. Varjopuolena on, että alhainen käyttöjännite sallii laitteiden käyttämisen, vaikka akkujen varaustila on saattanut laskea varsin alhaiseksi (katso: Akkujen virrantiuottokyky sivu 19).

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

### Elektroniikkalaitteet

Elektroniikan yleistymisen ja uusien veneen käyttöä ja navigointia helpottavien laitteiden nopea kehitys on johtanut siihen, että yhä useammassa veneessä on lukuisia määrällisiä 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 66).

Useimmat veneisiin tarkoitettavat uudet elektroniset laitteet ovat vahvarakenteisia ja erittäin hyvin kosteudelta suojattuja. Monet ovat myös hermeettisesti suljettuja ja täytetty

inertiakaasulla, yleensä typpellä. 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 roiskesuojattuja. Kun esimerkiksi laitetaan muistikorttia karttaplotteriin, tulee varoa, ettei vesi pääse kortinlukijaan.

### 2.2. LYIJYHAPPOAKKujen 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. Kun ne kytketään yhteen, alkaa toisesta kulkea elektroneja toiseen ja on muodostunut sähköpari tai -kenno. Sähköparit on toiminnallisesti kahta tyyppiä:

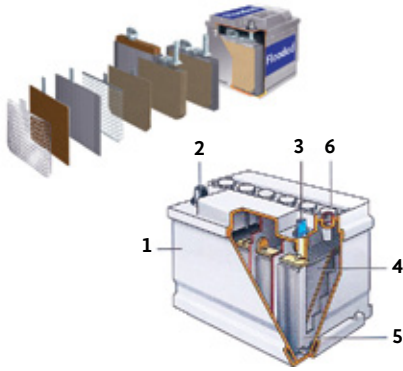
- primäärikenno on kertakäyttöinen eikä sitä voi ladata (esimerkiksi paristo)
- sekundäärikenno on monikäyttöinen ja se voidaan varata uudelleen (esimerkiksi akku).

Veneen ja auton akut ovat sekundäärikennoja, koska ne voidaan ladata.

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

### Lyijyhappoakun positiivinen ja negatiivinen napa

Lyijyhappoakun 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 %).



## 2.1. Perinteisen 12 V nesteakun rakenne.

### NESTEAKUN OSAT:

1. Muovikotelo
2. Plusnapa
3. Miinusnapa
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

Nykyisin myytävät huoltovapaat lyijyhappoakut ovat suljettuja, niissä ei ole täyttö- ja tarkistuskorkkeja. Huoltovapaat akut ovat hapotettu valmiiksi ja tehtaalla.

### 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 lyijysulfaattikerrostumaksi. Se vähentää elektrolyytin happoa, jolloin elektrolyytti tulee laimeammaksi ja kevyemmäksi.

Pluslevyillä vapautuu happea lyijyoksidista. Tämä yhtyy vetyyn, jota vapautuu elektrolyytistä ja tuloksena on H<sub>2</sub>O: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 alhai-

sesta 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 vähenemisestä.

Litiumioniakkujen osalta kapasiteetin väheneminen ei näy alhaisena jännitteenä (katso: Akkujen virrantuottokyky, sivu 19).

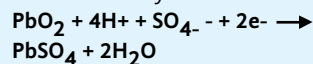
Mikäli akun purkamista jatketaan edelleen sitä lataamatta, ajaudutaan syväpurettu-tilaan, jolloin akun lataaminen oleellisesti vaikeutuu eikä akku todennäköisesti kykene varautumaan täyteen varaukseen. Syväpurettussa akussa lyijysulfaattikerros levyissä on paksu. Jos sulfaatti-ionit saavat pysyä levyissä, lyijysulfaattilla 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. Osassa maasähkölatureita on erillinen latausohjelma, jolla saattaa olla mahdollista ladata syväpurettu akku.

Akkua ladattaessa plus- ja miinusnapoihin 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 raskeammaksi. Lyijy levyissä tulee taas puhtaaksi. Sähköistä potentiaalia on taas olemassa, kun akku on ladattu täyteen.

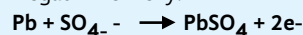
Lyijyakku muuttaa siihen sitoutunutta kemiallista energiaa sähköksi levyissä tapahtuvien reaktioiden kautta.

Purkausreaktiossa lyijy hapettuu 2-arvoiseksi positiiviseksi ioneiksi (Pb++) ja luovuttaa kaksi elektronia, jotka kulkeutuvat ulkoisen virtapiirin kautta positiiviselle elektrodille. Siellä syntyneet 4-arvoiset lyijyionit sitovat nämä elektronit ja pelkistyvät 2-arvoiseksi.

Positiivinen levy:



Negatiivinen levy:



Lyijy = Pb

Lyijyoksidi = PbO<sub>2</sub>

Lyijysulfaatti = PbSO<sub>4</sub>

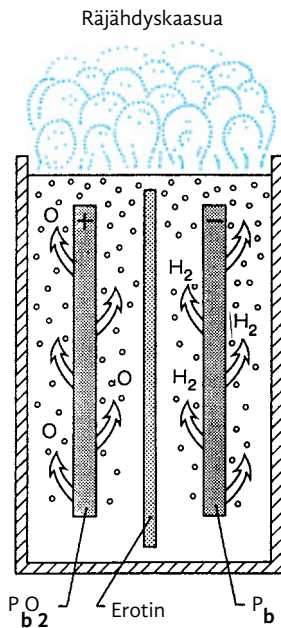
Rikkihappo = H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

Vesi = H<sub>2</sub>O

## 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 helposti syttyvä ja voimakkaasti räjähtävä kaasuseos.

Veneen akuissa on tarpeeksi vettä aiheuttamaan suurta vahinkoa, mikäli kaikki niissä oleva vesi muuttuisi vedyksi ja hapeksi. Akkutilan tuuletus on tärkeää (katso Akkujen asentaminen, sivu 53), mutta ennen kaikkea akut pitää suojata yllätaukselta. Akkulaturissa tulee olla akkutyypille soveltuva latausohjelma, ja ohjelman tulisi lopettaa lataaminen tai siirtyä ylläpitotilaan, kun akku on täysin varattu. Tällaisessa ympäristössä suositellaan käytettäväksi vain kipinöimättömiä sähkölaitteita, jotka on valmistettu ja merkitty standardin ISO 8846 mukaisesti.



### 2.2. Räjähdykskaasun synty.

Kun akku ei voi ottaa latausta vastaan, siihen tuotu energia kuluu veden hajottamiseen hapeksi ja vedyksi. Yhdessä ne ovat räjähdyskaasua vedyn LFL (Lower flammability limit) -arvo on 4 %. Eli jos ilmaan on sekoittuneena 4 % tai yli vetyä (aina n. 74 % asti), muodostuu hyvin pienestä energiasta (esim. kipinästä) syttyvä kaasuilmaseos, joka räjähtää.

## 2.3.

### AKKUTYYPIN VALINTA KÄYTTÖTARKOITUKSEN MUKAAN

Akkutyypin valinnassa on otettava huomioon akun käyttötarkoitus, ja lisäksi on osattava valita erilaisten tarjolla olevien akkurakenteiden välillä. Valitsemalla akku oikein ja hoitamalla akkuja oikein ne kestävät vuosia.

#### Käynnistysakku

Moottorin käynnistämiseen valitaan käynnistysakku, joka kykenee antamaan riittävän suuren virran starttimoottorin pyörittämiseen. Käynnistysakun riittävä kapasiteetti (ampeirituntimäärä Ah) ja virrantuotonvaatimus (A) tai kylmäkäynnistysvirta (CCA = Cold Current Amps) 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, millä on merkitystä sen eliniän kannalta. Käynnistysakun käytettävissä oleva kapasiteetti on tyypillisesti pieni, esimerkiksi 30 % nimelliskapasiteetista.

#### Monikäyttöakku

Nämä akut kykenevät tuottamaan pienehkön moottorin käynnistymiselle tarvittavan virran ja kohtuullisesti pientä virtaa laitteille. Tyypillinen käyttö näillä akuilla ovat pienet perämoottoriveneet, joissa on rajallisesti varusteita.

#### Käyttöakku

Käyttöakusta käytetään myös nimityksiä: varusteakku, huipakku tai vapaa-ajanakku. Oppaassa käytetään nimitystä käyttöakku. Käyttöakun kohdalla tavoitellaan kykyä 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 kennossa, 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.

## 2.4. 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 tärinälle.

### 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 kulussa pitkään kallellaan. Nesteakussa akkuhapon tulisi aina peittää kennot. Nesteakut kannattaa tästä syystä pyrkiä asentamaan siten, että kennolevyt ovat veneen pituussuunnassa. Nesteakuista suositellaan käytettäväksi ainoastaan suljettuja huoltovapaita akkuja.

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

Standardissa SFS-EN-ISO 13297 vuodelta 2021 on määritely, että akun pitää kestää kallistumista moottoriveneissä 30 astetta ja purjeveneissä 45 astetta vuotamatta. Nesteakut tuleekin vuotovaaran takia aina sijoittaa erilliseen, akkuhapon kestäväan koteloon. Huoltovapaissa akuissa nestetilavuutta on enemmän kennojen yläpuolella. Nämä akut ovat rakenteeltaan usein hybridiakkuja tai niissä on kalsiumvahvisteinen hila.

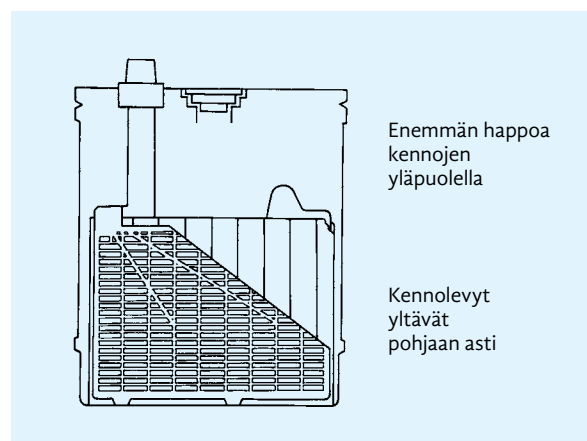
### AGM-akut

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 pienemmän sisäisen vastuksen takia nopeammin kuin vastaavaan käyttötarkoitukseen tarkoitettut nesteakut.

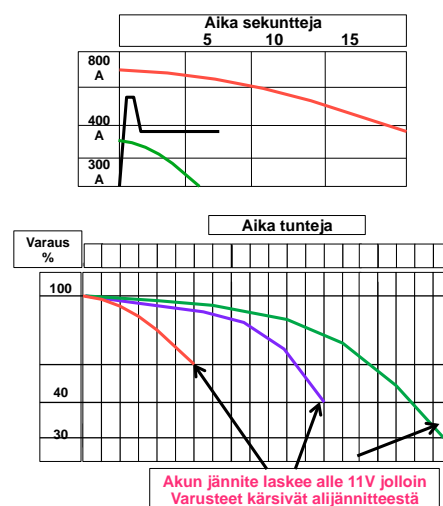
### Hyytelöakut

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

Sekä AGM- että hyytelöakkujen maasähkölaturissa tulee olla akun lämpötilan mittausta, joka säätelee latausjännitettä lämpötilaa vastaavaksi (katso: Lataaminen maasähköstä, sivu 43).



2.3. Huoltovapaan akun rakenne.



**STARTTIAKKU**

- Suunniteltu purkamaan suurta virtaa lyhyen ajan
- Starttivirta

**MONIKÄYTTÖAKKU**

- Toimii kohtuullisesti eri käyttötarkoituksissa

**KÄYTTÖAKKU**

- Suunniteltu tuottamaan pientä virtaa pitkään = kapasiteetista voidaan käyttää enemmän kuin muilla akkutyypeillä

2.4. Eri käyttötarkoituksiin soveltuvien akkutyypin ominaisuuksia.

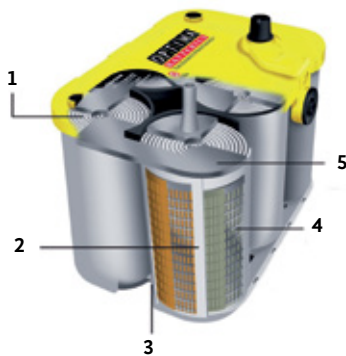
## Lyijyhappoakun rakenteet ja lisäaineet

Lyijyhapon kenno rakentuu verkkomaisista plus- ja miinus- levyrungoista, näihin kiinnitetystä aktiivisesta materiaalista, erottimesta ja elektrolyytistä. Levyrungot eivät varastoi energiaa, mutta johtavat virtaa. Levyrungot ovat lyijyä ja niihin on lisätty lisäaineita esimerkiksi: Antimoni, kalsium ja tina. Lisäaineilla saavutetaan sekä hyötyjä että haittoja:

- Antimonin lisäys jäykistää rakennetta, mutta lisää vedenkulutusta ja on herkkä syväpurkaukselle
- Kalsium jäykistää rakennetta ja sietää korkeampaa latausjännitettä, mikä vähentää vedenkulutusta. Sietää huonosti syväpurkausta ja napajännitteen laskeminen alas voi estää uudelleen lataamisen
- Tina parantaa syväpurkauksen kestoa.

Lisäaineiden yhteiskäytöllä pyritään hyötymään hyvistä ominaisuuksista ja minimoimaan negatiiviset vaikutukset. Levyrunkojen valmistustekniikka vaikuttaa niiden kestävyteen ja valmistuskustannuksiin. Samoin levyrunkojen rakenne vaikuttaa siihen, paljonko aktiivista materiaalia niihin pystytään pakkaamaan ja siten akun kapasiteettiin. Erottimena nesteakuissa tyypillisesti on polyeteeni, AGM-akuissa lasikuitu ja hyytelöakuissa rikkihappogeeli. AGM-akun lasikuituerotin johtaa latauksessa positiivisella elektrodilla syntyvän hapen negatiiviselle elektrodille vähentäen tämän polarisaatiota. Vetyä ei kehity eikä veden elektrolyysi käynnisty, joten veden kulutus on minimoitu.

AGM- ja hyytelöakut ovat rakenteeltaan tiiviitä, tukevia ja kestävätkä hyvin mekaanista rasitusta.



2.5. AGM-rekombinaatioakun rakenne.

### AGM-REKOMBINAATIOAKUN RAKENNE:

1. Spiraalin muotoinen kennorakenne
2. Lasikuituerotin
3. Tiukka kierre
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

## Litiumioni- tai litiumakut

Litiumioniakkuja on ollut käytössä työkaluissa ja viihde-elektronikassa jo pitkään. Yksittäisistä litiumkennoista on rakennettu veneen sähköjärjestelmiä. Litium-rauta-fosfaatti (LiFePO<sub>4</sub>) rakenteisia akkuja on nyt saatavissa korvaamaan perinteisiä akkuja. Litium-rauta-fosfaatti-akuissa itsesytytyksen tai räjähdysvaara kuumenemisen tai yllä latauksen seurauksena on hyvin pieni.

Litiumioniakun kemiallinen reaktio tapahtuu elektrodien rajapinnoilla ja on hapettumis- ja pelkistymisreaktio. Anodilta vapautuu hapettumisen yhteydessä elektrodeja, jotka kulkeutuvat ulkoisen virtapiiriin kautta positiivisesti varautuneille katodille aiheuttaen näin sähkövirran. Tämä saa aikaan pelkistymisreaktion, jolloin katodilla olevat ionit ottavat vastaan elektroneja. Akkua ladattaessa reaktio toimii vastakkaiseen suuntaan.

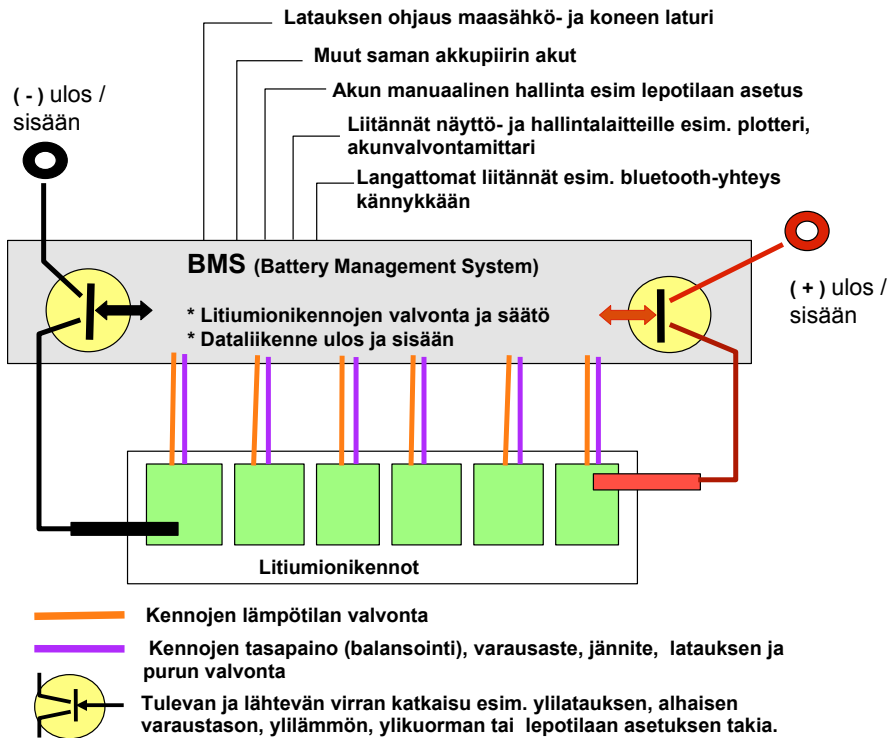
Kaupallisissa sovelluksissa negatiivinen elektrodi on tyypillisesti grafiittia ja positiivinen voi olla esimerkiksi litium-rautafosfaatti. Koska puhdas litium reagoi voimakkaasti veden kanssa, on elektrolyytti vedetöntä. Tyypillisesti elektrolyytti on sekoitus orgaanisia karbonaatteja sisältäen yhdistelmiä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



2.6. Litiumioniakku.

Litiumioniakkuja on saatavilla myös veneisiin. Ne voidaan ottaa käyttöön edellyttäen, että maasähkön kytketyssä akkulaturissa on valittavissa AGM- ja hyytelölatausohjelma. Litiumakkujen asennukseen liittyviä ohjeita löytyy mm. julkaisusta ISO/TS 23625:2021 Small craft - lithium-ion batteries.

Käytettyjen materiaalien valinta vaikuttaa akun kennojännitteeseen, energiatuheyteen, turvallisuuteen ja elinikään. Nanoteknologialla akun suorituskykyä on pystytty parantamaan. Litiumioniakuista voidaan hyödyntää lähes koko nimelliskapasiteetti, parhaimmillaan 90-95 %. Purku/lataus -sykliden määrä saattaa olla jopa 5000. Kaikki litiumioniakut tulee varustaa valvontaelektronikalla (BSM = Battery Management System, joko sisäinen tai ulkoinen).



## 2.7. Esimerkki litiumioniakun valvontaelektronikasta (BMS).

Valvontaelektronikka valvoo, säätää ja hallitsee muun muassa:

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

Litiumioniakut latautuvat merkittävästi lyijyakkuja nopeammin, mikäli latausvirtaa on käytettävissä riittävästi. Jos latausvirta on pieni, ei latautumisaikalla ole merkittävää eroa lyijyakkuihin nähden. Litiumioniakuille ilmoitetaan usein myös suositeltu ja maksimilatausvirta. Suositellun latausvirran 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 tilanteissa, jossa valvontaelektronikka on katkaissut virran syötön ulos alhaisen varaustilan takia. Valvontaelektronikka kuluttaa aina virtaa, vaikka akku olisi asetettu ns. säilytystilaan. Mahdollisesti käytössä oleva CAN-väylä ON 0,7 Ah/ vrk - OFF 0,4 Ah / vrk. Lisäksi itsepurkaus on 3 % /kk. Edellä mainittu on huomioitava myös siinä mielessä,

että kriittisten laitteiden sähkönsyöttö pitää turvata joko toisentyypisellä akulla tai rakentamalla niille erillinen järjestelmä.

## Kiinteä elektrolyyttinen litiumioniakku

Näiden tulemisesti on puhuttu joitakin vuosia muun muassa auto- ja muuhun liikennekäyttöön, mutta niitä ei toistaiseksi ole saatavissa kaupallisesti venekäyttöön.

Tämän tutkimus- ja kehitystyön rahoittajina ovat mm. suuret autovalmistajat, koska näillä akuilla voitaisiin merkittävästi pidentää toimintamattoja, pienentää akkujen kokoa ja painoa.

## Akkujen virrantuottokyky

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

Litiumioniakkujen jännite pysyy suhteellisen normaalina aina varaustilan raja-arvoon asti, jolloin valvontaelektronikka 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.



## 2.5. AKUSTON JA AKKUJÄRJESTEMÄN SUUNNITTELU

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. Ajatellun akun ja sen latausjärjestelmän yhteensopivuus sekä akun ominaisuuksien soveltuvuus suunniteltuun käyttöön on syytä varmistaa huolella.

Litiumioniakkuihin siirryttäessä ”mutu ja viritykset” johtavat varmuudella epäonnistumiseen ja merkittäviin vahinkoihin. Esimerkiksi joitakin sisäisellä valvontaelektronikalla varustettuja litiumakkuja markkinoidaan plug and play -akkuina AGM- ja hyytelöakkuille. Tällä yksinkertaisella vaihdolla ei saavuteta kaikkia litiumakkujen tuomia etuja, ja saatetaan ylikuormittaa koneen laturia. Moottorin ja maasähkölaturin tehot ovat todennäköisesti liian pieniä tavoiteltuun latausaikaan nähden. (Katso: Moottorin- ja maasähkölaturin koko, sivu 55.)

### Erilaisia litiumioniakkuja

Litiumioniakkuja valmistetaan erilaisista kennomateriaaleista, ja siksi akkujen nimellis- ja latausjännitteissä saattaa olla merkittäviä eroja. Esimerkiksi 12 V -järjestelmään markkinoidaan akkuja, joiden nimellisjännite on 11,1 V ja latausjännite 12,6 V. Tällaista akkua ei voi asentaa 12 V nimellisjännitteellä toimiviin järjestelmiin. Vastaavasti tarjotaan 24 V -järjestelmään nimellisjännitteeltään 25,2 V akkuja, joiden latausjännite on 29,4 V. 12 V -järjestelmään sopivan esim. AGM-akkuja korvaavan LiFePO<sub>4</sub> -perusteisen litiumioniakun, jonka nimellisjännite on 12,8 V ja latausjännite 14,6 V. Tarkista akun teknisistä tiedoista akun soveltuvuus veneesi olemassa olevaan 12 V tasasähköjärjestelmään. Suositellaan käytettäväksi vain kennoja, joiden rakenne on IEC 62619 ja IEC 62620 mukaisia.

Kaikista akkutyypeistä (neste, AGM, hyytelö, litium) voidaan tehdä veneeseen sopiva akusto. Etenkin lyijyhappoakkuja käytettäessä lataamisen kannalta on helpointa pitäytyä samassa rakennetyypissä. Jos valitaan AGM-akut, niin kaikkien akkujen tulee olla AGM-tyyppisiä.

Mikäli käyttöakkuina on litiumioniakkuja ja käynnistysakuna AGM-akku, rakennetaan latausjärjestelmä poikkeavasti esim. akusta-akkuun laturilla (katso liite 3 sivu 85). Näin erityyppisten akkujen lataus saadaan optimoitua ja tarvittaessa myös rajoitetaan moottorin laturin kuormitusta.

### Sähköntarve veneessä

Tässä kappaleessa kuvataan veneen laitteiden sähkönkulutusta ja arvioidaan kulutuksen edellyttämää akkukapasiteettia. Koska moottori useimmiten käynnistetään eril-

lisellä omalla akullaan eikä sitä yleensä käytetä muuhun kulutukseen, ei tämän akun kapasiteettia oteta huomioon tässä laskelmassa.

Venematkalla tulee selvittää akuissa olevalla sähköllä lisätyn matkan aikaisella latauksella. Akut ottavat sähköön vastaan, varastoivat sen ja toimittavat sen taas käyttöön. Veneilijä on ”varastopäällikkö”, jonka on osattava arvioida sähkönkulutus, etteivät akut tyhjene liikaa. Veneen sähkön tarvetta arvioitaessa pitää olla selvillä viisi asiaa: Nimellisteho (wattia), nimellisvirta (ampeeria), latausvirta (ampeeria), akkukapasiteetti (Q) ja kulutus (ampeerituntia) ja latausaika (tuntia). Edellä mainitut käsitteet on selitetty sivulla 10, Sähköön perusteet ja akkukapasiteetti.

Veneen sähkönkulutusta ja sen vaikutusta tarvittavaan akkukapasiteettiin erityyppisillä akuilla voi arvioida [www.campus.spv.fi](http://www.campus.spv.fi) Sähkö ja vene -kurssiosiossa olevalla laskurilla. Laskuri helpottaa tarvittavan akkukapasiteetin arvioimista, jotta saadaan käytettyä haluttuja laitteita yhden vuorokauden ajan ilman lisälatausta. Laskuri huomio myös akkujen ikääntymisen vaikutuksen. Samoin laskuri arvioi ns. passiivisten sähköntuottajien - aurinkokenno, tuuligeneraattori, polttokenno, perälautageneraattori - vaikutusta tarvittavaan akkukapasiteettiin.

### Nimellisteho

Nimellisteho (W) tarkoittaa tehoa, jonka veneessä sähköä kuluttava laite enimmillään tarvitsee. Teho ilmoitetaan usein laitteen koteloon kiinnitetystä arvokilvessä tai ohjekirjassa. Veneen kaikista sähkölaitteista kannattaa tehdä luettelo ja merkitä siihen laitteiden tarvitsema teho. Luettelo voi esimerkiksi suurehkoissa veneissä näyttää tällaiselta:

|                                    | Perinteinen tekniikka | Uusi tekniikka  |
|------------------------------------|-----------------------|-----------------|
| <b>4 merenkulkuvaloa à 10 W</b>    | 40 W                  | LED 4 W         |
| <b>1 ankkurivalo</b>               | 10 W                  | LED 1 W         |
| <b>2 kansivaloa à 20 W</b>         | 40 W                  | LED 4 W         |
| <b>Instrumentit jne.</b>           | 80 W                  |                 |
| <b>8 lampua kannen alla à 10 W</b> | 80 W                  | LED 8 W         |
| <b>Radiovastaanotin</b>            | 10 W                  |                 |
| <b>VHF stand by -tilassa</b>       | 4 W                   |                 |
| <b>VHF lähetyksessä</b>            | 40 W                  |                 |
| <b>Stereolaite</b>                 | 80 W                  |                 |
| <b>Matka-TV</b>                    | 100 W                 | LED 40 W        |
| <b>Jääkaappi</b>                   | 120 W                 | uusi tekn. 58 W |
| <b>Lämmityslaite</b>               | 70 W                  |                 |
| <b>Ankkurivinturi</b>              | 1500 W                |                 |

### 2.8. Veneen sähkölaiteluettelo.

Uudella LED-tekniikalla toteutettu valaistus sekä muut modernit käyttölaitteet pienentävät laskelmassa olevia tehomääriä, mutta laitteiden kasvava määrä vastaavasti lisää kulutusta.

## Kulutus

Kulutuksen arvioimiseksi täytyy ensin arvioida laitteiden käyttöaika vuorokaudessa. Akkukapasiteetin mitoituksen kannalta merkittävää on, minkä suuruista tehoa käytetään eli mitkä laitteet ovat käytössä, kun veneen moottori on pysähdyksissä satamassa tai purjeverne kulkee purjeilla.

Sähköenergian yksikkönä käytetään Wh eli wattitunti. Se saadaan kertomalla liityntäteho (W) ajalla tunteina (h). Jos esimerkiksi tietokonetta ladataan 60 watin teholla tunti, energiaa kuluu 60 Wh.

Isoja apulaitteita - ankkurivinssi, keulapotkuri, jne. - lukuun ottamatta voidaan laskea, että laturi pystyy tuottamaan kaiken tehon, 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, mitkä laitteet ovat käytössä, kun veneen moottori on pysähdyksissä satamassa tai purjeverne kulkee purjeilla. Laskelma voi näyttää esimerkiksi seuraavalta:

|                            | Teho [W] | Aika [h] | Energiatarve [Wh] | Lisätieto     |
|----------------------------|----------|----------|-------------------|---------------|
| Kulkuvalot 4 kpl           | 10       | 3        | 120               | Hehkulamppu   |
| Sisävalot 8 kpl            | 1        | 3        | 24                | LED-valot     |
| Navigointi elektroniikka   | 80       | 3        | 240               |               |
| Radiovastaanotin           | 6        | 2        | 12                |               |
| Meri VHF lähetys           | 40       | 0,5      | 20                |               |
| Stereot                    | 80       | 2        | 160               |               |
| Televisio                  | 40       | 1,5      | 60                | LCD-televisio |
| Jääkaappi                  | 120      | 6        | 720               |               |
| Lämmityslaite              | 70       | 6        | 420               |               |
| Ankkurivinssi              | 1500     | 2 min    | 30                |               |
| Energiantarve (E) yhteensä |          |          | 1806              |               |

2.9. Laskelma veneen energiantarpeesta.

## Akkukapasiteetin (Q) riittävyys

Päivittäin käytetty energia (E) on laskelman mukaan 1806 Wh, josta saadaan laskettua tarvittava akkukapasiteetti Q [Ah]. Energian yksikkö on Wh = VAh

$$Q = E/U = 1806 \text{ VAh} / 12 \text{ V} = 150,5 \text{ Ah} \sim 150 \text{ Ah}$$

Kun moottori ei käy, eikä olla kytkettyneenä maasähköön, akkujen pitää voida luovuttaa yllä mainittu määrä ampeeritunteja. Lisäksi on tärkeää tietää kaksi asiaa:

1. Akuista voidaan ottaa energiaa ulos vain rajoitetusti niiden kokonaiskapasiteetista; lyijyhappoakkujen osalta 40-50 %, litiumioniakuista noin 90 %

2. Kun lyijyhappoakut ovat melkein täysiä (85-90 %), tarvitaan vielä paljon aikaa, ennen kuin viimeinenkin 15-10 % saadaan ladatuksi.

Huippuluokan lyijyhappoakuilla on suotuisissa olosuhteissa käytettävissä 50 % asennetusta nimelliskapasiteetista.

Tarvittava kokonaiskapasiteetti  $Q_{\text{tot}}$  [Ah] lasketaan seuraavasti:

$$Q_{\text{tot}} = \text{päivittäinen energiatarve [Ah]} \times 100 / \text{akun käyttökapasiteetti \%}$$

Edellisen laskelman mukaisessa esimerkissä pitäisi veneessä olla akkukapasiteettia:

$$\text{Lyijyhappoakuilla käytettävissä 50 \% nimelliskapasiteetista} \\ Q_{\text{tot}} = 150 \text{ Ah} * 100 / 50 \% = 300 \text{ Ah.}$$

Litiumioniakuilla käytettävissä 90 % nimelliskapasiteetista  $Q_{\text{tot}} = 150 \text{ Ah} * 100 / 90 \% = 167 \text{ Ah.}$

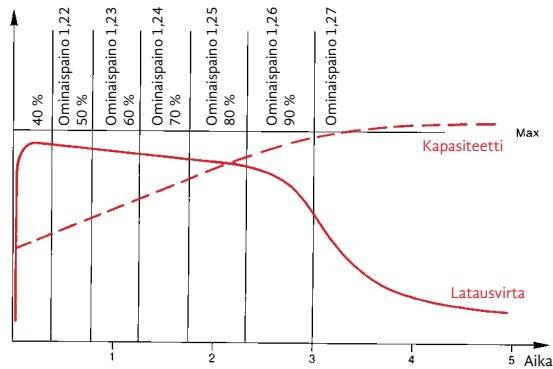
Akkujen ikääntymisen vaikutuksesta akkukapasiteettiin katso: Lyijyhappoakut / Ikääntyminen, sivu 53.

## Latausaika

Aiemmassa esimerkissä yhden päivän kulutus on 150 Ah. Jos esimerkkiveneessä on 55 A laturi ja kulussa ollessa virtaa kuluu laitteille 15 A, jää akkujen lataamiseen virtaa 40 A. Moottoria pitää käyttää yli 10 tuntia lyijyhappoakkujen lataamiseksi täyteen - litiumioniakuillakin lataus kestää yli 5 tuntia. Kulun aikaisen kulutuksen vähentämisellä voidaan hieman lyhentää latausaikaa. Laturin suurentamisella (esim. 90 A) voidaan etenkin litiumioniakkujen latausaikaa lyhentää merkittävästi. kts. Asennus ja vianetsintä -osio / litiumioniakut ja moottorin laturi s.57.

Kun 50 % kapasiteettiin purettua lyijyhappoakkua aletaan

ladata, on virta ensin suuri, jännite alempi ja latautuminen 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.



2.10. Tyypillinen nesteakun latautumisen- ja latausvirran käyrät.

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 akkulaturilla, 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.

## 2.6. AKKIJEN TURVALLISUUS, SIIJOITUS, LUKUMÄÄRÄ JA HOITO

### Turvallisuus ja sijoitus

Nesteakku tulee aina sijoittaa akkuhapon kestäväan koteloon ja huomioida kallistussuunta. Standardin SFS-EN ISO 13297:2021 kohdan 8.3 mukaan akku ei saa vuotaa elektrolyyttiä 30 asteen kallistuskulmalla ja yksirunkoisella purjeventeillä 45 asteen kallistuskulmalla.

Akku sisältää happoa ja suuren energiamäärän, joka voi purkautua lyhyessä ajassa. Akun napoja ei koskaan saa oikosulkea. Oikosulkuvirta voi olla useita tuhansia ampeereita. Jakoavaimen tai muun metallisen esineen pudottaminen napojen päälle aiheuttaa vaaran. Suuri virta aiheuttaa sen, että jakoavain voi hitsautua kiinni napoihin ja alkaa

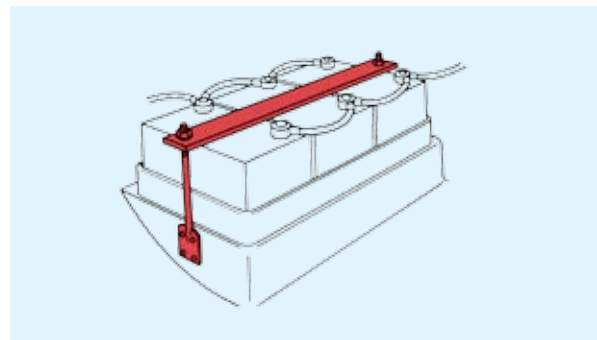
hehkua. Tällöin akku saattaa räjähtää levittäen lyijyä ja happoa pitkin venettä. Jos akkuhappoa saa silmiinsä, tulee silmiä huuhdella pitkään ja perusteellisesti puhtaalla vedellä ja hakeutua lääkäriin niin pian kuin mahdollista.

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

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

Koska kaikki akut painavat merkittävästi, pitää ne kiinnittää tukevasti. Standardin mukaan ne saavat liikkua enintään yhden sentin suuntaansa, kun niihin kohdistetaan akun painoon nähden kaksinkertainen voima. Korkeita lämpötiloja tulee välttää. Sijoituspaikka kannattaa mahdollisuuksien mukaan valita läheltä veneen liikepainopistettä, jotta vältetään liikevoiman aiheuttamilta vahingoilta.

Akun kiinnityksessä huomio akun massan ja nopeuden aiheuttama ”murskausvoima” = massa x nopeus toiseen potenssiin.



2.11. Esimerkki akun kiinnityksestä, joka estää akun liikkumisen.

### 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 laitteiden kokonaisvirrankulutus ja tarvittava kapasiteetti, voidaan laskea tarvittava akkujen määrä. Käyttötarve voi esimerkiksi olla 150 Ah. Silloin veneeseen voidaan asentaa nimelliskapasiteetiltaan 3 kpl 100 Ah tai 4 kpl 75 Ah AGM- tai hyttelöakkuja tai 2x 90 Ah litiumioniakkuja ja kytkeä ne rintaan.

Rinnankytkettävien akkujen tulee olla samanlaisia akkukemiasta riippumatta. Akustossa kannattaa useimmiten kaikki akut vaihtaa samanaikaisesti. (Katso: Luku 5. Asennusvinkkejä ja vianetsintä, sivu 53.)

## Rinnan- ja sarjakytkentä

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

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 valvontaelektronikasta akun poikkeaviin sovelluksiin.

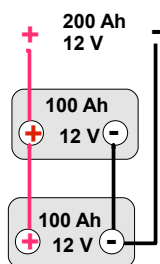
## Rinnankytkentä

Kun kaikissa akuissa kytketään kaikki plusnavat yhteen ja kaikki miinusnavat yhteen, jännite pysyy samana, mutta kapasiteetti kasvaa jokaisesta lisäakusta. On suositeltavaa, että plus- ja miinusulosot otetaan akuston eri päistä, jotta akkujen varaus pysyy paremmin tasapainossa toisiinsa nähden.

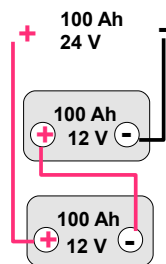
## Sarjakytkentä

Jos kunkin akun plusnapa kytketään seuraavan akun miinusnapaan, jokainen akku lisää jännitettä, mutta kapasiteetti (Ah) säilyy muuttumattomana.

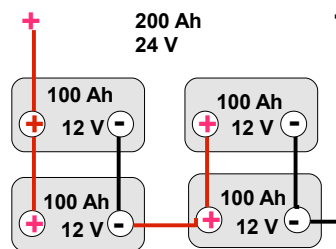
Useimmissa huviveneissä on 12 V -järjestelmä, eikä myynnissä ole juuri muita kuin 12 V -akkuja. Haluttu akkukapasiteetti saadaan riittävän monella rinnankytkettävällä akulla. Suuremmissa veneissä voi olla 24 V tai 48 V -järjestelmiä. Rinnan- ja sarjakytkentää voidaan yhdistää kuvan 2.14. esittämällä tavalla.



2.12. Kahden akun rinnankytkentä. Jännite ei muutu, mutta kapasiteetti kaksinkertaistuu.



2.13. Kahden akun sarjakytkentä. Jännite kaksinkertaistuu, mutta kapasiteetti ei muutu.



2.14. 24 V -järjestelmässä on useimmiten yhdistelmä rinnan- ja sarjakytkennästä. Tässä neljä 12 V 100 Ah akkuja on kytketty antamaan 24 V 200 Ah.

## Akun hoito ja säilytys

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

Huoltovapaisiin nesteakkuihin ei voi itse lisätä nestettä eikä niissä siksi ole avattavia korkkeja. Akun kunnan voi tarkistaa akun tarkistus "silmästä" valmistajan ohjeen mukaisesti.

## 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 tai hiekkapaperilla. 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 kontaktista akun napoihin. 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.



2.15. Hapettunut ja murtunut akkukengä.

## Akun säilytys

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

| Jännite | Varausaste | Jäätyminen |
|---------|------------|------------|
| 12,7 V  | 100 %      | -67 °C     |
| 12,4 V  | 50 %       | -41 °C     |
| 11,6 V  | 30 %       | -16 °C     |
| 10,5 V  | 0 %        | -7 °C      |

2.16. Lyijyhappoakkujen jäätyislämpötila riippuu niiden varaustilasta.

Litiumioniakut tulisi säilyttää kuivassa paikassa +0 - +20 °C lämpötilassa, valvontaelektronikka kytkettynä noin 30-80 % varausteessa. 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 muodostuva akusto tulisi ladata kokonaisuutena, jotta akkujen tasapaino pysyy vakaampana. Jotkin akut voidaan asettaa ns. säilytystilaan, mutta silloinkin valvontaelektronikka vie hieman virtaa.

Akkujen vioista löydät lisätietoa (Luku 5. Asennusvinkkejä ja vianetsintä, sivu 53).

## 2.7.

### AKKUJEN VALVONTALAITTEET

Akusto on keskeinen osa veneen sähköjärjestelmää, ja sen kuntoa kannattaa seurata säännöllisesti. Tärkeimmät menetelmät ovat: volttimittari, ampeerimittari tai akunvalvontamittari tai -monitori. Myös erilaisilla akkustereilla voidaan testata akkuja. Esimerkiksi hiilipakkatesteri kuormittaa akkua ja sillä voidaan testata turvallisesti ja luotettavasti lyijyhappoakkujen kuntoa.

#### Volttimittari

Volttimittari on yksinkertainen laite, jolla on suhteellisen helppo seurata akkujen ja latauslaitteiden kuntoa ja toimintaa. Volttimittaria luettaessa pitää tietää mitä jännitearvoa kulloinkin näytetään: lepojännite, käyttöjännite vai latausjännite latauksen aikana. Lisäksi eri akkutyypeillä – neste-, AGM-, hyttelöakku ja litium – vastaavat arvot poikkeavat toisistaan.

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

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

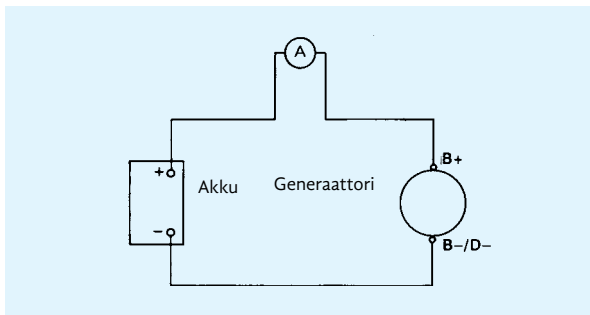
2.17. Erityyppisten akkujen tyypillisiä lepojännitearvoja. Lepojännitteellä tarkoitetaan tilannetta, jossa akkuja ei rasiteta eri sähkölaitteilla.

| 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     |
| Hyttelöakku | 10,7 V     | 11,6 V      | 12,2 V      | 12,6 V     |

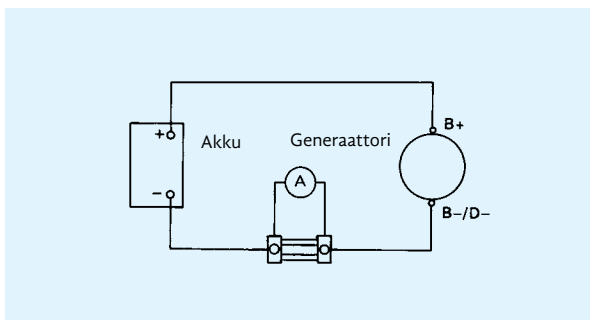
2.18. Erityyppisten akkujen tyypillisiä käyttöjännitearvoja, kun akuista otetaan virtaa, mutta niitä ei ladata.

## 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.



2.19. Tavallinen ampeerimittari mittaa virran sarjakytkenässä. Kaikki ladattu ja kulutettu virta kiertää mittarin kautta. Tästä aiheutuu jännitteen alenemaa ja kytkentä on palovaarallinen.



2.20. Shunttimittari ja -vastus.

Veneessä on parempi käyttää shuntiampeerimittaria. Shunttimittari on millivolttimittari, joka mittaa jännitettä shunttivastuksen yli. Shunttivastus on sijoitettu suoraan pääkaapeliin, vaikka sen läpi kulkee suuri virta, pienen vastuksen takia, jännitteen alenema on pieni 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 ja akkutesteri

Mittausshuntia hyödyntävät myös ns. akunvalvontamittarit. Ne näyttävät jännitteen ja virran kulun sekä akuista 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.



2.21. Akunvalvontamittari.

Akunvalvontamittari mahdollistaa akkujen toiminnan monipuolisen seuraamisen. Mittari on hyvin havainnollinen ja asennus yksinkertaista. Mittari kykenee näyttämään myös pieniä latausvirtoja riittävällä tarkkuudella, joten aurinkopaneelien ja tuuligeneraattorien toiminnan seuraminen onnistuu sen avulla hyvin. Useimpiin valvontamittareihin voidaan asettaa hälytysraja alhaiselle varaustilalle.



2.22. Testattavaan akkuun kytketty 500 A Hiilipakkatesteri (Carbon pile load tester).

Rasitusmittarilla, akkutesterillä tai hiilipakkatesterillä voidaan testata erityisesti starttakuja. Rasitusmittauksessa akusta puretaan esimerkiksi kolme kertaa sen nimellistä kapasiteettia vastaava virta tai puolet kylmäkäynnistysvirrasta CCA (105 Ah testataan 315 A virralla) 20 sekunnin ajan. Akku on kunnossa, mikäli sen jännite ei putoa mittarin punaiselle alueelle. Samalla laitteella voidaan yleensä testata myös moottorilaturin toiminta ja käynnistysmoottorin liitännät.

## 2.8. AKUN LATAUSJÄRJESTELMÄT

Keskeisiä komponentteja voivat olla:

- moottorin generaattori eli laturi
- aurinkopaneeli
- tuuligeneraattori
- laahus / potkuriakseli / perälautageneraattori
- polttokenno.

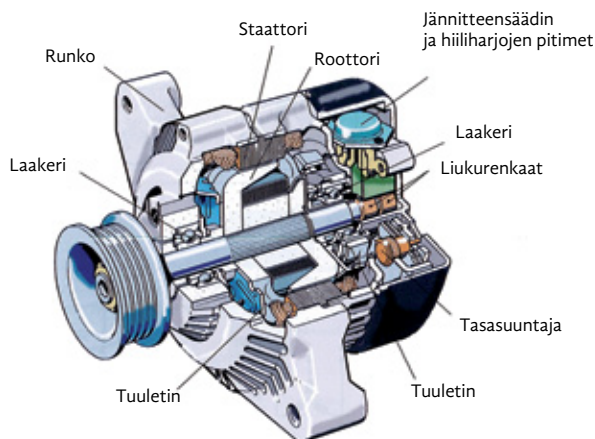
Maasähköjärjestelmän akkulatoria ja erillistä generaattoria käsitellään luvussa Veneen 230 V -maasähkö, sivu 37.

Akuille on vain hyväksi, että niitä käytetään. Se pitää aktiivisen massan pehmeänä. Uudella akulla täysi varaustila saavutetaan kohtuullisessa ajassa. Akun ikääntyessä ei täyttä varaustilaa enää saavuteta ja vajaankin saavuttaminen vie pidemmän ajan. Lisääntynyt vedenkulutus yhdessä kennossa voi myös tarkoittaa, että kenno on sulfatoitunut ja siksi vaurioitunut (Katso: Asennusvinkkejä ja vianetsintä, sivu 53).

### 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 pyörittäjäaikaansaamiseksi. Nykyaikainen laturi tuottaa vaihtojännitettä (vaihtovirtaa). Akku kuitenkin tarvitsee latautuakseen tasajännitteen (tasavirtaa). Ennen kuin sähkö lähtee laturista, se pitää siksi tasasuunnata. Nykyaikaiset vaihtovirtalaturit antavat hyvin tehoa jo tyhjäkäyntikiertoilla. Mikäli laitteilta edellytetään kipinöimättömyyttä, niiden tulee olla ISO 8846 mukaisia.

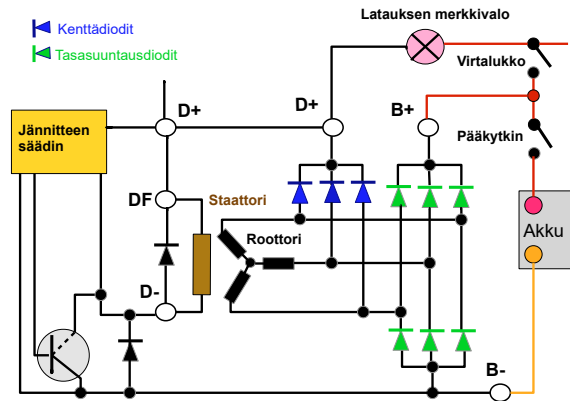


2.23. Laturin mekaaninen rakenne.

### Generaattorin eli laturin toiminta

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

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



2.24. Vaihtovirtalaturin sähköinen kytkentä.

Moottorin käydessä laturin roottori pyörii kiilahihnan ja hihnapyörän välityksellä.

1. Kiilahihnan pyörittämän roottorin sähkömagneetti aktivoidaan (magnetoidaan) tuomalla jännite roottorikämiin laturin navan D+ kautta. Jännite synnyttää käämiin virran. Virrallinen käämi synnyttää edelleen magneettikentän.
2. Kun roottori magneettikenttineen pyörii staattorin käämityksen sisällä, syntyy pyörivän magneettikentän vaikutuksesta staattorin käämiin jännite. Näin kiilahihnan mekaaninen energia muuttuu sähköenergiaksi staattorissa. Mitä enemmän virtaa laturi tuottaa, sitä raskaampaa on pyörittää kiilahihnaa.
3. Kun laturi on ”käynnistynyt”, tuottaa se itse itselleen roottorin tarvitseman magnetointivirran, eikä navan D+ kautta enää tarvitse syöttää virtaa. Magnetointivirta johdetaan roottorille kenttädiodeja ja jänniteensäätimen kautta.
4. Jänniteensäädin rajoittaa roottorille menevää magnetointivirtaa, jotta laturin tuottama jännite ei nouse liian korkeaksi laturia pyörittävän moottorin kierrosten noustessa.
5. Koska roottori pyörii, on staattorin käämiin jännite vaihtelevaa eli vaihtojännitettä, joka tuottaa vaihtovirtaa. Tämä muutetaan edelleen tasasuuntausdiodeilla tasavirraksi, jonka jälkeen se lähtee navasta B+ akkuun.

| Akkutyyppi       | Tyhjä akku | 50% varaus | Täysi akku | Ylläpitovaraus |
|------------------|------------|------------|------------|----------------|
| 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  |

2.25. Akkujen latausjännitteen suuruus riippuu akun varaustilasta.

## Jännitteensäädin

Generaattorin jännitteensäädin rajoittaa roottorin kenttäämille menevää magneetointivirtaa järjestelmässä vallitsevan jännitteen mukaan pyrkien pitämään latausjännitteen oikealla tasolla kierrosnopeudesta riippumatta. (kuva 2.25)

Kun akkuja ladataan joko moottorilla tai maasähkölaturilla, on jännite aluksi matalampi ja nousee kun akkujen latautuessa. Akun napajännitteen pitää olla lähellä 14,4 V -nesteakulla, jotta se voitaisiin ladata täyteen. Jos jännite tulee tätä suuremmaksi, energia kuluu veden hajottamiseen ja räjähdyskaasun valmistukseen. Moottorilaturin antama jännite on 14,7 V akkutyyppistä riippumatta, joten latausta pitää voida ohjata jännitteensäätimellä. Aiemmin jännitteensäädin oli laturissa erillisenä, mutta uusimmissa se on rakennettu laturin yhteyteen. Lisätietoa latauksen jännitteensäädöstä, latauksen optimoinnista sekä litiumioniakkujen osalta huomioitavia seikkoja löydät oppaan luvusta Latauksen määrän arviointi, sivulla 54.

## Perämoottorien virrantuotto

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

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

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

## Aurinkopaneelit

Aurinkopaneeli tai -kenno on laite, jolla auringon säteily muunnetaan sähköenergiaksi valosähköisen ilmiön avulla. Aurinkopaneelit antavat melko pientä virtaa. Esimerkiksi teholtaan 60 W paneeli ei anna suorassa auringonpaisteessa kuin pari ampeeria ja pienikin varjo pudottaa tehoa huomattavasti. Pienet yksittäiset aurinkopaneelit eivät välttämättä ratkaise veneenkäytön virtaongelmia, mutta niistä on akkujen ylläpidon kannalta merkittävää etua. Pilviselläkin säällä paneelin virta kompensoi akkujen itsepurkausta hyvin. Aurinkopaneelien tuottama jännite on nimellijännitettä suurempi tyypillisesti (17-20 V). Paneelin tuottama vähäinen virta saadaan tehokkaammin ohjatuksi säätimen kautta akkuihin.

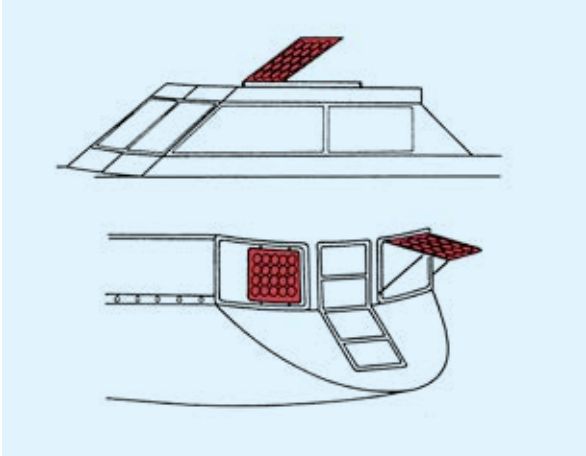
Kun vene on kiinnitettyä laituriin ilman kulutusta, aurinkopaneelit huolehtivat akkujen latauksesta seuraavaa matkaa varten. Aurinkopaneelit lisäävät akkujen elinikää monella vuodella.

Aurinkopaneelleillakin voidaan rakentaa tehokkaampia järjestelmiä, mikäli veneeseen voidaan sijoittaa useampia tehokkaita paneeleita. Esim. 3 kpl 100 W paneeleita tuottaa jo noin 15 A aurinkoisessa säässä varjottomassa paikassa.

## Aurinkopaneelien sijoitus

Sähkön tuoton kannalta tärkeintä paneelien asennuksessa on varmistaa paneelin oikea kulma horisontin suhteen (noin 45 astetta) ja etteivät veneen rakenteet aiheuta paneelille laajoja varjoja. Paneelin teho on suurimmillaan, kun se on kohtisuoraan aurinkoon. Litteä paneeli kannella tai ohjaamon katolla on edullista asentaa siten, että se voidaan nostaa pystyyn veneestä lähdetäessä. Myös auringon paisteen mukaan käännettäviä telineitä voidaan käyttää. Hyvä nyrkkisääntö on suunnata paneeli kohti etelää. Huviveneessä, jossa aurinkopaneelin pitää huolehtia vain ylläpitolatauksesta, tarvitaan yksi keskikokoinen paneeli.





2.26. Esimerkkejä aurinkopaneelin asennuksesta.

Paneelit voidaan ripustaa yläreunastaan kaiteeseen. Ripustuksen avulla paneeli voidaan kääntää aurinkoon päin. Kun vene on laiturissa, paneeli käännetään oikeaan kulmaan aurinkoa kohti. Hyvä paikka paneelille saattaa olla myös kajuutan katto.



2.27. Aurinkopaneelit purjevereen kannella.

Purjevereen käyttötapa ja mieltymykset rajoittavat myös aurinkopaneelien asennustapaa ja -paikkaa esimerkiksi paneelit voidaan asentaa kannelle ja niiden tulee kestää muun muassa päälle astumisen ja ovat suojassa köysien ja purjeiden käsittelystä aiheutuville vaurioille.

### Aurinkopaneelin lataussäätimet

Kaikki vähänkin tehokkaammat paneelit pitää kytkeä akustoon säätimen kautta. Jos maasähköön kytketty akkulaturi saa ladattua akut täyteen, aurinkopaneelin säädin estää akun yllilataamisen silloin kun vene on pitkään ilman kulutusta. Säädin sisältää lisäksi estodiodin, joka estää latauksen purkautumisen pimeässä. Mikäli säätimessä on vain yksi kytkentäpaikka, paneelille tulee varmistaa, että kussakin aurinkopaneelissa on estodiodi liitäntäjohtossa.

Tämä estää, ettei varjossa oleva paneeli syö auringossa olevan tuottoa. Aurinkopaneelit on yleensä sisäisesti jaettu kahteen tai kolmeen kennoryhmään. Ryhmien välillä on silloin kytkentäkotelossa ns. bypass-diodit. Paneelin tai sen osan joutuessa varjoon osittain, auringonvalossa oleva osa tuottaa vielä virtaa.

Lataussäätimet jaetaan MPPT- (Maximum Power Point Tracking, maksimitehopisteen seuranta) ja PWM- (Pulse-Width Modulation, pulssinleveysmodulaatio) säätimiin. PWM-säätimet ovat edullisempia yksinkertaisen toimintaperiaatteen vuoksi ja ne soveltuvat pienehköille yksittäisille paneeleille. Ne alkavat tuottaa virtaa pienemmällä jännitteellä, mutta eivät ole hyötysuhteeltaan optimaalisia. Monipuolisempi MPPT-säädin seuraa jatkuvasti auringon valon määrää ja säätää jatkuvasti optimaalista virrantuottoa. Varjopuolena säädin tarvitsee noin 5 V akkujännitettä suuremman jännitteen virran tuoton käynnistymiseen. Sitä voidaan tehokkaasti kompensoida paneelien sarjaan kytkennällä. MPPT-säädin mahdollistaa siten useampia kytkentävaihtoehtoja useamman paneelin järjestelmälle.

### 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 nimellistehoista generaattorista yli 1 A, ja 35 W -generaattorista 0,5 A. Kovassa 15 m/s tuulessa 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 potkuriä. 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. Laahusgeneraattori kuitenkin hidastaa veneen nopeutta jonkin verran. Laahuspotkurin nostaminen vedestä kulussa on tehtävä harkiten, koska vedenvirtaus pyrkii pyörittämään potkuriä.

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

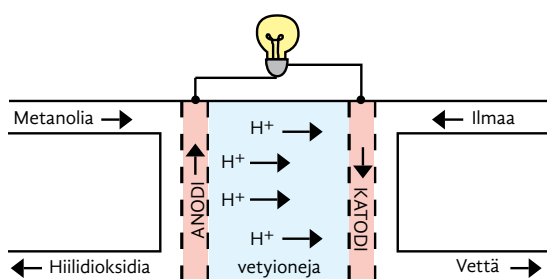
Perälautageneraattori rakentuu veden alle menevästä hydrodynaamisesta varresta, jonka alapäässä on generaattori. Generaattorin akselille on kiinnitetty potkuri. Tämä kokonaisuus on kiinnitetty telineellä perälautaan ja voidaan kipata ylös, kun sitä ei käytetä. Generaattorista sähkö johdetaan säätöyksikölle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

Perälautageneraattoreita on 300-600 W teholuokissa ja pystyvät tuottamaan 5-6 solmun nopeudella 8-10 A latausvirran. Esimerkiksi kotimaassa valmistettu nopeusalueella max. 12 solmua perälautageneraattori tuottaa 8 solmun nopeudella peräti 20 A (Remoran wave 3 GS 12 V). 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 polttoaineena käytetyn metanolin ja hapettimen kemiallisen energian sähköksi ja lämmöksi ilman palamista. Metanolipolttokennojen etuna on ympäristöystävällisyys, sillä kennot tuottavat sähkön, lämmön ja vesihöyryn lisäksi hyvin vähän hiilidioksidia. Veneisiin tarkoitetut polttokennot toimivat automaattisesti tuottaen akkujen tarvitseman latausjännitteen.

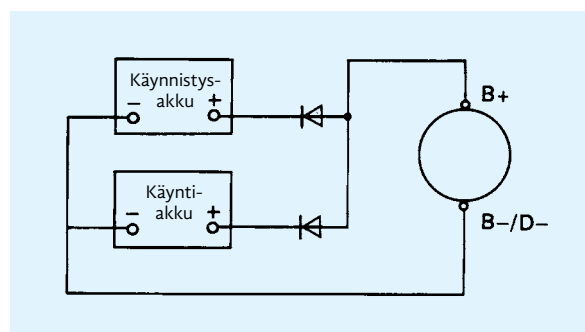
Polttokennojen maksimivirta (3-9 A) ei riitä kovin suureen kulutukseen. Parhaiten polttokenno täydentää veneen sähköntarvetta, kun se pidetään veneillessä jatkuvasti päällä ja annetaan automatiikan huolehtia sen toiminnasta. Tyypillisesti metanolia kuluu 1,1 litraa/100 Ah. Polttokennot ovat edelleen sekä hankinta- että käyttökustannuksiltaan korkeita.



2.28. Metanolipolttokennon toimintaperiaate.

## 2.9. LATAUKSEN JAKOLAITTEET

Varustelluissa veneissä on useita akkupiirejä: muun muassa käynnistysakku, käyttöakku 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: jakodiodeilla, erotus/päävirta -kytkimellä tai jänniteohjatulla erotusreleellä/elektronisella erottimella. Valitaanpa mikä tahansa vaihtoehto, tulee laitteen kestää latausvirran maksimi.



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

### Jakodiodit/älykäs jakodiodi

Jakodiodien asentaminen olemassa olevaan latausjärjestelmään edellyttää muutoksia moottorin johdotukseen. Diodi on sähköinen takaiskuventtiili. Kun se sijoitetaan akkujen latauspiiriin, voi virta kulkea vain yhteen suuntaan, alla olevassa tapauksessa akkuihin päin.

Diodipaketti muodostuu usein kahdesta diodista: yksi käynnistysakun ja toinen käyttöakkujen latauskaapeliin. Tällöin kumpikaan ei voi tyhjentää toista. Diodit aiheuttavat kuitenkin jännitteen alenemaa. Kynnysjännite on tyypillisesti 0,5-1 V. Jotta akut saadaan ladattua täyteen tulee jännitteen alenema kompensoida. Käytössä olevan laturin kytkentäohjeista tulee selvittää kuinka kompensointi voidaan toteuttaa.

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

Uudemmissa CAN-väylällä varustetuissa moottoreissa tulee moottorien teknisistä tiedoista tarkistaa, voidaanko tarvittavia kytkentämuutoksia tehdä.

## Erotus/päävirtakytkin

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

Käyttäjän on muistettava käyttää kytkintä oikein varmistakseen akkujen latautumisen toivotulla tavalla ja toisaalta sen, ettei vahingossa tyhjennä kaikkia akkuja.



2.30. Erotus/pääkytkin tulee sijoittaa mahdollisimman lähelle akkuja.

Moottoria käynnistettäessä valitaan käyttöön se akku (2), joka on tarkoitettu käynnistysakuksi ja annetaan koneen ladata akkua jonkin aikaa yksinään. Kun tämän akun jännite on noussut riittävän korkeaksi, käännetään kytkin joko: käyttöakkuasentoon (1) tai asentoon ”molemmat” (1+2/Both/All), jotta käyttöakku latautuisi. Kytkin keski-asennossa molemmat piirit ovat mukana samanaikaisesti. Tämä asento on myös tarpeen generaattorissa olevien diodien suojaamiseksi siten, että generaattori on yhteydessä ainakin yhteen akkuun kytkintä käännettäessä.

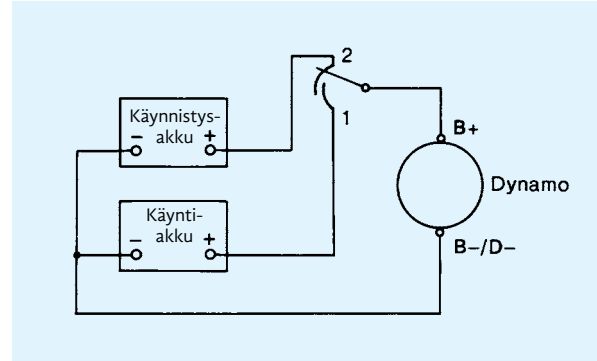
Rantaan saavuttaessa tai purjehdittaessa valitaan kytkimestä asento, jossa vain käyttöakku on kytketty järjestelmään. Näin varmistetaan koneen käynnistyminen. Jätettäessä vene esimerkiksi kotisatamaan valitaan OFF-asento. Erotus/päävirtakytkimen käyttö kaksipiirijärjestelmässä helpottuu, jos järjestelmään on asennettu merkkivalot kertomaan, mikä akkupiiri on käytössä.

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

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

## Erotusrele tai elektroninen erotin

Toiminnallisesti kumpikin toimii alla kuvatulla tavalla. Elektroninen erotin perustuu puolijohde -tekniikkaan eikä siinä ole liikkuvia osia.

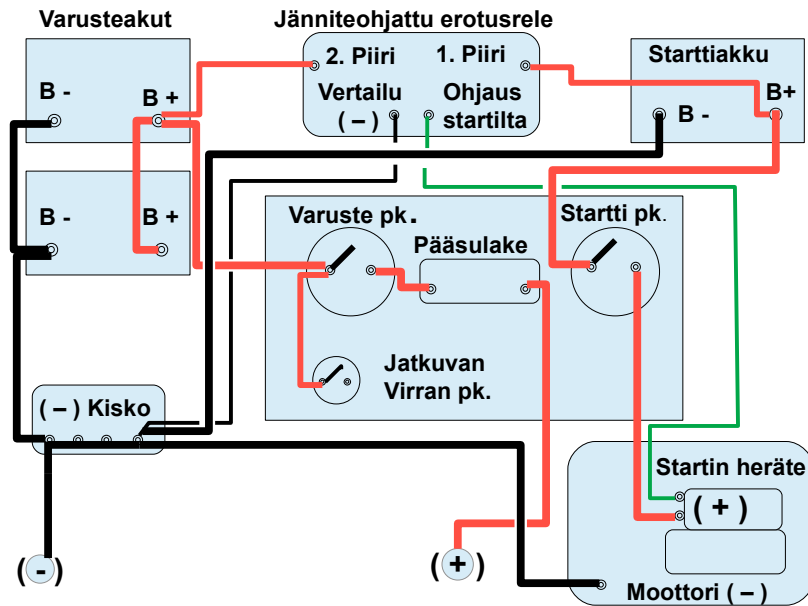


2.31. Erotuskytkin kahden piirin välillä. Kaksipiirijärjestelmän toteutuksen edellytyksenä on, että ymmärretään mitä tapahtuu sekä kulutuksen että latauksen aikana.



2.32. Jänniteohjattu erotusrele.

Jos veneessä on käytössä kaksi erillistä pääkytkintä, on näiden piirien erotus ja lataus helpointa toteuttaa jänniteohjatulla erotusreleellä (kuva 2.32.). Erotusrele laitetaan akkupiirien 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 tyypillisesti 13,6 V jännitteen. Tällöin rele kytkee ja liittää käyttöakun samaan piiriin. Nyt laturi lataa molempia akkuja.



2.33. Jänniteohjatun erotusreleen tai erottimen kytkentä.

Kun moottori sammutetaan, rele sallii molempien akkujen käytön, kunnes jännite laskee tyypillisesti 12,7 volttiin, jolloin rele erottaa akut toisistaan. Useimmissa releissä on lisäksi ohjausliitäntä starttimoottorin herätevirralle. Kun konetta käynnistetään, rele katkaisee yhteyden startti- ja varustepuolen välillä, jolloin suuri starttivirta ei johdu releen läpi varusteakulta starttiakulle ja 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: Sulakkeet, laitesulakkeet ja kytkimet, sivu 62 - Releohjaus, sivu 63.)

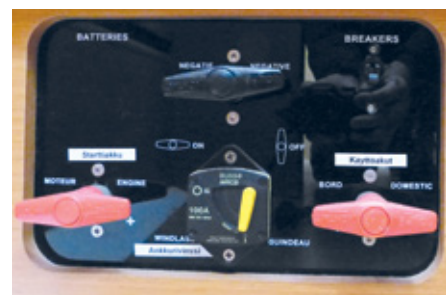


2.34. Veneen pääkytkinjärjestelmä: Moottorin pääkytkin on 2-napainen, jolloin se katkaisee plus- ja miinusvirran koneelta. Keskimäinen kytkin on pysyvän virran pääkytkin, jossa lisäksi hätäkäynnistys toiminto.

## 2.10. TASASÄHKÖJÄRJESTELMÄN MUITA KOMPONENTTEJA

### Pääkytkinjärjestelmä

Veneen kaikkiin akkupiireihin tulee asentaa pääkytkimet, joilla vene saadaan nopeasti virrattomaksi ilman työkaluja. Pääkytkimet tulisi sijoittaa helposti käsiksi päästävään paikkaan. Mikäli veneessä on laitteita, 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, varashälytyn tai lämmityslaitte.



2.35. Erillisillä kytkimillä toteutettu pääkytkinjärjestelmä.

On syytä huomata, että myös keulapotkurin ja/tai ankkurivirsin 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 IP-luokituksen kuin hytilisen veneen suojatussa kajuutassa. Jos akkujen ja pääkytkinten etäisyys kasvaa, kannattaa harkita sähköisesti ohjattavia pääkytkimiä: näin vältetään pitkiä akkukaapeleita.

## Pääsulakkeet

Käsitteellä ”varoke” myös muita nimityksiä: sulake, ylikuormitusuoja, johdonsuojakatkaisija. Nämä voivat olla joko kertakäyttöisiä vaihdettavia tai automaattisia, jotka voidaan helposti palauttaa toimintakuntoon. Vaihdettavista sulakkeista venekäytössä parhaimpia ovat autokäytöstäkin tunnetut lattasulakkeet, jotka ovat värikoodattuja ja laajasti saatavilla.

### HUOM:

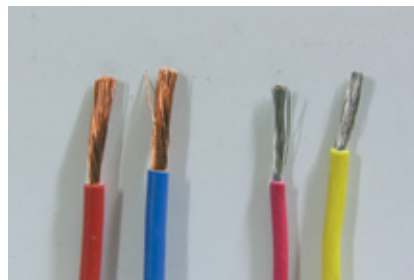
- Posliini- tai muovirunkoisten johtava metalli on paljaana ja hapettuu helposti
- Lasiputkisulakkeita on useita eri pituuksia ja merkinnot ovat kovin pieniä
- Keraamisia (hiekkatäytteisiä) lasiputkisulakkeita ei saa korvata tavallisilla lasiputkisulakkeilla

Johtimet, jotka vievät pääkytkimiltä sähkön esimerkiksi kytkinpaneelille, tulisi varustaa lähtöpäässä pääsulakkeilla. Tällöin johdon eristeen rikkoutumisen aiheuttama oikosulku ei aiheuta esimerkiksi tulipaloa.

Pääsulakkeiden suurimpaan sallittuun etäisyyteen vaikuttaa akkukaapelin mekaaninen suojaus (EN ISO 13297:2021 kohta 12). Useimmista veneistä tällaiset puuttuvat akun ja kytkinpaneelin välistä ja ensimmäiset suojaavat sulakkeet ovat vasta kytkinpaneelissa. Sulakkeet voivat olla vaihdettavia tai palautettavia.

## Johtimet

Veneessä tulisi käyttää hienosäikeisiä johtimia, joiden jokainen säie on tinapäälysteinen. Hienosäikeiset johtimet kestävät hyvin tärinää ja tinapäälysteisinä ne eivät hapetu veneolosuhteissa paljaan kuparijohtimen tavoin. Paksuus tulee valita johdon pituuden ja tarvittavan virrankeston mukaan. Asennusvinkkejä -osiossa, sivulla 58, on kaavio, josta selviää johdinten paksuuden l. poikkipinta-alan määrittäminen.



2.36. Veneessä tulee käyttää esitintuja johtoja (oikealla) ja välttää paljaiden johtimien (vasemmalla) käyttöä.

PVC, polyuretaani ja öljynkestävä kumi ovat hyviä vaihtoehtoja johdinten vaipan materiaaliksi. PVC ei kestä polttoaineita ja kovettuu varsin helposti, joten sen käyttöä konetiloissa tulee välttää.

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 13297 2021 -standardin mukaan tasavirtapuolella tulisi käyttää plusjohtimena esimerkiksi punaista ja miinusjohtimena keltaista tai mustaa. Plusjohtimena voi käyttää myös muita värejä, mutta mustaa, keltaista, sinistä, ruskeaa ei tulisi käyttää. Mikäli vaihtovirtajärjestelmän (AC) johtimet ovat näkyvissä mustaa ei tulisi käyttää myöskään miinusjohtimena. Epäselvyyden välttämiseksi on hyvä merkitä johtimet kummastakin päästä.

## Sulakkeet, kytkimet ja liitokset

Kaikkiin johtimiin tulee laittaa sulake lähtöpäähän, jolloin ko. johdin on suojattu oikosulun varalta. Sulakkeen arvo määräytyy johtimen virrankeston mukaan esimerkiksi valaisimille 10 A sulake ja 1,5 mm<sup>2</sup>. Laitevalmistajan erityisvaatimuksesta sulakekokoa voidaan pienentää maksimiarvosta esimerkiksi karttaplotterille 5 A sulake vaarantamatta johtimien suojausta.

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

Sekä sulakkeiden, 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 58, kerrotaan tarkemmin valintaan ja asentamiseen liittyvistä asioista.

## 2.11. ANTENNIT JA TIETOLIIKENNEVERKOT

Veneissä käytetään moniin eri tarkoituksiin langatonta tiedonsiirtoa. Nämä yhteydet vaativat joko oman tai yhdistelmäantennin. Tyypillisiä yhteyksiä ovat: VHF-, SSB- ja GSM-puhelimet ja dataliikenne, AIS-lähetin/vastaanotin, FM-radio ja TV.

Veneissä käytetään tyypillisesti puolen aallon VHF-antenneja, joiden pituus on noin metri (36"). Lyhyemmät neljänosaallon VHF-antennit pituudeltaan noin 40 cm (15-18") vaativat useimmiten maatasen. Veneissä on käytetty myös alun perin autokäyttöön suunniteltuja laajakaistantenneja, johon jakajan avulla voidaan liittää VHF-, FM-radio tai GSM-puhelin. Autokäytössä näille maataso muodostuu metallisesta kiinnityspinnasta. Autossa asialla ei ole merkitystä, koska auton runko on joka tapauksessa sama kuin akun miinus (-).

Monissa veneantenneissa on metallinen tyvi, jolla antenni kiinnitetään esimerkiksi mastossa kiinni olevaan metallikulmaan. Tähän samaan antennin metalliseen tyveen kiinnittyy myös antennikaapelin liitin, jolloin myös antennijohdon ulkojohdin (metallinen vaippa) on galvanisesti liitettyä. Antennikaapelin metallinen vaippa kytkee näissä tapauksissa akun miinuksen myös mastoon.

Venikäyttöön on saatavilla myös antenneja, joiden mekaaninen kiinnitys on eristetty antennikaapelin liittimestä. Tällöin akun miinus ei kytkedy mastoon. Tällainen asennustapa on suositeltavin. Oppaan Asennusvinkkejä -osiesta löydät lisää tietoa antennien asennuksesta (Maadoitus ja antennit sivu 66).



2.37. Vasemmalla oleva antenni on ns. eristetty antenni, muut eristämättömiä.

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/WLAN.

### CAN-väylät

Uudemmissa moottoreissa on jo jonkin aikaa käytetty CAN-väylää moottorin hallintaan ja esimerkiksi mittaritietojen siirtämiseen. Väylissä liikkuva tieto on merkkikohtaista ja sen saaminen näkyviin karttaplotterilla vaatii sovityksikön, 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 sopimattoman laitteen liittämien järjestelmään saattaa sotkea koko järjestelmän. Järjestelmistä kerrotaan tarkemmin osiossa Älysähkö / väyläsähkö -järjestelmä s.34.

### 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 Kb/s (kilobittia sekunnissa).

Järjestelmään on saatavissa protokollamuuntimia (esimerkiksi NMEA183/NMEA2000 tai SeaTalk1), mutta tiedonsiirto täysin kattavasti ei välttämättä onnistu. Kytkenän osalta katso Tiedonsiirtoväylät sivu 66.

### 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. mittarinäyttöille
- 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-väylä standardiin (Controller Area Network ISO 11898). Tiedonsiirtonopeus on 250 Kb/s. Standardin mukaan myös kaikkien liittimien tulisi olla standardoituja, mutta tämä ei ole käytännössä täysin toteutunut.

Järjestelmä koostuu:

- NMEA2000-yhteensopivista laitteista
- runkokaapeli (Backbone), maksimi pituus 200 m (Micro 100 m)
- haarakaapeli (Drop), maksimi pituus 6 m
- virransyöttökaapeli
- T-haarat ja haaroitusrimat
- protokollanmuuttajat (interface-rimat, -rasiat)
- päätevastukset.

Järjestelmän rakentamisen periaatteista voit lukea Asennusvinkkejä ja vianetsintä, sivu 53.

## 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 liittäntää. Näyöissä saattaa olla jo valmiina useita Ethernet-portteja, jotka korvaavat erillisen kytkimen. Tiedonsiirtonopeus vaihtelee järjestelmä kohtaisesti 10-1000 Mb/s (megabittia sekunnissa) 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 NMEA0183-verkoista 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 ja Wifi/WLAN

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

Kun langattomasti siirretään suurempia tietomääriä tai kun ollaan yhteydessä mobiililaitteisiin, muodostetaan veneeseen wifi-verkko. Nämä verkot ovat yleensä merkki-kohtaisia ratkaisuja. Veneen wifi-verkkoa voidaan käyttää esim. päivittämään karttaplotterin ohjelmaa, hakemaan säätietoja jne. Internet yhteys voidaan muodostaa käyttämällä esimerkiksi puhelimen Hot Spot -ominaisuutta. On syytä muistaa ja tiedostaa tällaisiin järjestelmiin liittyvät tietoturvariskit veneen kaikkien järjestelmien ollessa yhteydessä avoimen wifi-verkon kautta internettiin.

## Äly sähköjärjestelmä

Tällä tarkoitetaan veneen varusteiden käyttöön tehtyä CAN-väylä tyyppistä 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 (katso kuva 2.38.).

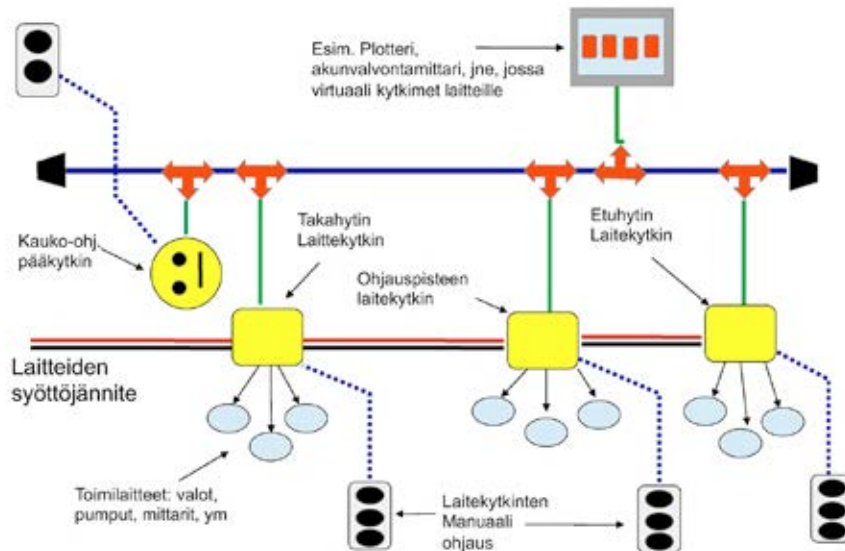
Verkossa oleville laitekytkimille viedään syöttöjännite, joilla varsinaiset toimilaitteet tarvitsevat toimiakseen. Laitesulakkeet on usein sijoitettu laitekytkinten yhteyteen. Laitekytkimiltä käyttöjännite jaetaan itse toimilaitteille: esimerkiksi lamput, pumput, jne.

Verkon ohjauslaitteina voivat valmistaja kohtaisesti olla karttaplotteri, akunvalvontamittari, jne., joissa on esimerkiksi virtuaalikytkimet.

Tunnettujen valmistajien järjestelmissä on lisäksi pakko-ohjaustoiminto. Mikäli verkon ohjauslaite, -laitteet tai runkoverkko tai verkon ohjelma vikaantuisi, ei laitteita voisi enää hallita. Tästä syystä laitekytkimillä on pakko-ohjaus, joilla itse laitteet voidaan käynnistää ja sammuttaa. Toteutustavat eroavat eri laitevalmistajilla. Oleellista on, että turvallisuuden kannalta keskeisten laitteiden hallinnassa on pakko-ohjaustoiminto.

Järjestelmässä voi olla myös muita komponentteja:

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



2.38. Väyläohjattu järjestelmä manuaaliohjauksella.

## 2.12. MERI-VHF/DCS-RADIOTEKNIIKAN PERUSTEITA VENEILIJÄLLE

Veneen meri-VHF-radiojärjestelmään sisältyy tyypillisesti kiinteästi asennetut: VHF/DCS-radiopuhelin, AIS-lähetin/vastaanotin, GNSS-antenni, kaapelointi ja VHF-antenni.

Meri-VHF (Very High Frequency) toimii noin 160 MHz taajuusalueella. Meri-VHF-kanavat ovat varattu vesiliikenteen puheradioliikenteeseen, DCS-kutsuille ja AIS-liikenteelle.

DCS (DSC (Digital selective calling) eli digitaalinen selektiivikutsujärjestelmä, joka on meri-VHF-radiopuhelimeen integroitu toiminallinen ominaisuus. Esimerkiksi hätäkutsun voi suorittaa yhdellä napin painalluksella, jolloin meripelastuskeskukseen välittyy muun muassa veneen tunnistus-tieto, sijainti, hädän laatu.

AIS (Automatic Identification System) automaattista tunnistusjärjestelmää käytetään vesiliikenteessä lähinnä merillä liikkuvien alusten ja veneiden paikan ilmoittamiseen. AIS-lähetinvastaanotin lähettää automaattisesti säännöllisin väliajoin tietoa, kuten paikkatieto, nopeus ja aluksen tiedot laitteeseen rakennetun VHF-lähettimen kautta. Vastaanotettu tieto voidaan näyttää näytöllä tai karttaplotterilla, jossa muiden alusten sijainnit näkyvät samaan tapaan kuin tutkan näytöllä. AIS-standardissa määritellään kaksi AIS-laitteiden pääluokkaa:

- A-luokka: ammatilliliikenteen aluksissa esim. rahtilaivat, autolautat jne.

- B-luokka: pienitehoinen, halvempi versio huvivenekäyttöön. Valitettavasti suuremmat alukset eivät aina ota vastaan B-luokan AIS-sanomia eli saattavat olla tietämättömiä huviveneiden sijainnista.

Lisätietoa meri-VHF/DCS-radiojärjestelmästä löytyy Liikenne ja viestintäministeriön julkaisemasta Rannikko-laivurin VHF-radioliikenneoppaasta, joka on vapaasti ladattavissa Traficom sivuilta. <https://www.traficom.fi/fi/liikenne/veneily/veneilijoiden-ja-merenkulun-radioluvat>

GNSS (Global Navigation Satellite System) on maailmanlaajuinen satelliitteihin perustuva paikannusjärjestelmä Järjestelmään kuuluvat muun muassa USA:n ja Venäjän ylläpitämät GPS- ja GLONASS- sekä EU:n Galileo järjestelmien satelliitit.

Meri-VHF/DCS-radiopuhelin on merenkulun yhteydenpitojärjestelmä, jolla voidaan pitää jatkuva suora radioyhteys aluksesta toisiin aluksiin tai rannikkoradioasemiin

- ehdoton etu on avoimuus ”kaikki kuulee kaikkia” -periaate.
- huviveneilijälle vapaaehtoinen varuste
- useimmissa ammatilliliikenteen aluksissa pakollinen
- keskeinen ja yleisin huviveneilijöiden hälytyslaite, joka on osa kansainvälistä meripelastusjärjestelmää (GMDSS).

Kiinteästi asennettu Meri-VHF/DCS-radiopuhelin on SPV:n venekatsastusohjeiden mukaan hyväksytty hätäilmoitusväline korvaten osittain pyrotekniset hätäaraketit, katso ajantasaiset katsastussäännöt: <https://spv.fi/matka-veneily/katsastus/>



Oman venekunnan turvallisuuden takia on syytä varmistaa veneilykauden alussa kiinteästi asennetun Meri-VHF/DCS-radiojärjestelmän toimivuus. Katso: Asennusvinkit ja vianhaku osiosta Meri-VHF-radiojärjestelmä, sivu 69.

## Radiotaajuinen tiedonsiirto

Veneessä käytetään tasa- ja vaihtosähköä sähköenergian siirtämiseen ja veneen sähkölaitteiden käyttöjännitteeseen. Informaatiota siirtävät tietoliikennejärjestelmät, kuten VHF/DCS-radiopuhelin (VHF-radio), ovat luontaisesti vain vaihtosähköpiirejä. Radiosignaali on kaapelissa käytännössä siniaallon muotoista vaihtojännitettä ja esimerkiksi VHF-radion antennille menevä signaali muodostaa yhden siniaallon jakson noin 160 miljoonaa kertaa sekunnissa, yli 3 miljoonaa kertaa korkeampi kuin 230 V vaihtosähkön taajuus on 50 Hz.

Vaihtovirtapiirissä piirin yli vaikuttavan jännitteen ja virran suhde ei ole vakio, vaan riippuu vahvasti taajuudesta, kun resistanssin lisäksi piirillä voi olla myös kapasitanssia tai induktanssia. Yhdessä näitä kutsutaan nyt impedanssiksi, jossa on nyt resistiivinen ja reaktiivinen osa. Resistiivinen osa kuvaa piirissä lämmöksi muuttuvaa impedanssin osaa ja reaktiivinen piiriin varastoituvan energian osaa, joka aiheuttaa jännitteen ja virran välille vaihesiirron. Resistanssia piiriin voidaan lisätä vastuksella, kapasitanssia kondensaattorilla, ja induktanssia kelalla.

Korkeataajuisten signaalien monimutkaisen teorian syvällinen ymmärtäminen on haasteellista. Käytännön järjestelmien rakentaminen on kuitenkin harrastelijallekin mahdollista, jos tiettyjä neuvoja noudatetaan niistä poikkeamatta. Radiot, kaapelit ja antennit pitää olla yhteensopivia ja esimerkiksi impedanssitasojen on oltava samat. Yleisin impedanssitaso on 50 ohmia. Impedanssi kuvaa kaapelin geometriasta syntyvien sisäisten kapasitanssien ja induktanssien yhdistelmää, eikä kaapelin resistiivisiä häviöitä. Jos esimerkiksi kaapelin ja antennin impedanssitasot eivät ole samat, syntyy epäsovitus.

Kun taajuus on riittävän korkea ja lähellä valonnopeutta etenevien signaalien aallonpituus ( $\lambda = \text{Lamda}$ ) on fyysisesti samaa suuruusluokkaa kuin sähköiset laitteet kaapelointineen, on ilmiöiden ymmärtämiseen käytettävä aaltoliikemallia. Esimerkiksi VHF-radio, jonka aallon pituus antennijohdossa on noin kaksi metriä ja laitteiston antennijohto helposti monta kertaa pidempi. Jos antenni on epäsovitettu, voidaan kaapelissa aaltoliikemallin mukaisesti havaita yhtä aikaa lähettävältä radiolta antennille kulkeva sähkömagneettista energiaa siirtävä aalto ja epäsovitukselta johtuva ja siitä takaisin heijastuva vastakkaiseen suuntaan kulkeva aalto. Tämä heijastunut aalto ei heijastuksen takia siirry antenniin, vaan kulkee takaisin lähettimeen, jossa se muuttuu epätoivotuksi hukkalämmöksi.

Matalataajuisissa signaaleissa, suuren aallonpituuden takia aaltoa ei synny, vaan järjestelmän kaikissa osissa signaali on samassa vaiheessa. Esimerkiksi saman VHF-radion ulkokaiuttimelle menevä äänitaajuista sähköistä

signaalia, jonka lyhin aallonpituus korkeimmilla kuultavilla taajuuksilla on noin 15 km pitkä. Sen murto-osakin on paljon suurempi kuin kaiutinjohton pituus huviveneissä. Aaltoliikemalli ei siten ole tarpeen eikä se toimi ilmiöiden kuvaamiseen.

Aaltoliikemallilla on paljon muitakin reaali maailmasta tuttuja sovelluskohteita lähtien meren aalloista, äänen heijastumisesta ja vaikka optikasta. Epäjatkuvuuskohtaisa aaltoliikkeestä osa jatkaa etenemistä liikkeen suuntaan mutta osa voi heijastua takaisin tulosuuntaan. Näin käy esimerkiksi, kun ääniaalto kohtaa seinän.

Käytännön järjestelmien rakentaminen ja testaaminen: Asennusvinkit ja vianhaku osiosta Meri-VHF-radiojärjestelmä, sivu 69.

## 2.13. SÄHKÖISET PROPULSIOJÄRJESTELMÄT

### Keula- ja perämootorit

Propulsio tarkoittaa järjestelmää, jolla tuotetaan työntövoimaa. Tässä yhteydessä propulsiojärjestelmällä tarkoitetaan sähkökäyttöisiä huviveneen tai -aluksen potkurilaitteistoja, joiden työntövoimaa käytetään veneen tai aluksen liikuttamiseen eteen- ja taaksepäin. Näitä ovat sähköiset keula- ja perämootorit sekä suuremmat järjestelmät kuten purjeveneen fossiilista energiaa käyttävän moottorin ja perävetolaitteen korvaaminen akustolla ja sähkömoottorilla ja potkurilaitteistolla. Keula- ja peräpotkurit, joilla liikutetaan venettä sivusuunnassa, ovat myös sähköisiä propulsiojärjestelmiä, joiden kytkentä veneen tasasähköjärjestelmään toteutetaan yleensä releohjauksella, (katso: Releohjaus ja kuva 5.28. sivu 64).

Olennaista sähköisen propulsiojärjestelmän suunnittelussa on akkukapasiteetin mitoittaminen riittäväksi ja toisaalta veneen koko sähköjärjestelmän oikea mitoitus ja turvallinen käyttö.

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

Oleellinen tieto akun valinnan kannalta on joko moottorin sähköteho, virrankulutus maksimitheholla sekä käyttöjännite. Sähkötehon kaava:  $P[W] = U[V] * I[A]$  katso luku: Sähkön peruskäsitteet sivulla 10.

Akuston jännite sähköisissä keula- ja perämootoreissa vaihtelee, tehosta riippuen 12 - 48 V DC välillä. Esimerkiksi annettu moottorin teho on 2160 W ja käyttöjännite 36 V, niin virraksi saadaan  $I = P / U = 2160 \text{ W} / 36 \text{ V} = 60 \text{ A}$  virrankulutus. Saadaksemme saman 2160 W tehon 24 V jännitteellä, tarvittava virta on 90 A. Korkeampaa jännitettä käyttämällä voidaan johdinten poikkipinta-ala pitää pienempänä.

Mikäli moottorille ei ilmoiteta maksimivirtaa tai -tehoa, antaa moottorin virransyöttölinjaan suositellun sulakkeen 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.

Tarvittavan akun kapasiteetin laskennassa tarvitaan käytännössä tieto käytettävästä tehosta ja halutusta käyttöajasta. Perämoottori, jolla ajetaan paikasta toiseen, on helppo arvioida miten pitkään moottori käy suuremmalla teholla. Keulamootoria voidaan käyttää myös siirtymiseen paikasta toiseen tai vain pitämään venettä paikalla, tällöin moottoria käytetään vain hetkittäin suuremmalla teholla. Tarkastelu olettaa, ettei tuuli ja aallokko eivät juurikaan haittaa etenemistä.

Esimerkkilaskelma perämoottorille ja keulamootorille, jolla siirrytään paikasta toiseen.

- moottorin maksimi 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 AGM 50 % ja litiumioniakku 90 %. Esimerkin kummassakin tapauksessa akusto muodostaisi 2 kpl akkuja:

- AGM-akkuja yhteensä 2 x 150 Ah = 300 Ah
- litiumioniakkuja yhteensä 2 x 90 Ah = 180 Ah.

Mikäli keulamoottori ainoastaan pitää paikallaan voidaan akkukapasiteetti todennäköisesti puolittaa.

Propulsiojärjestelmän akkuja tai akustoa olisi hyvä ladata kokonaisuutena; 24 V järjestelmää ladataan 24 V laturilla. Tällöin akuston eri akut latautuvat tasaisesti. Tämä on erityisen tärkeää litiumioniakkuja käytettäessä. Akkukurissa latausohjelman ja tehon tulee olla oikea kyseessä olevalle akkutyypille. Litiumioniakut ovat erityisen arkoja väärälle lataukselle; väärä latausohjelma on sekä vaarallista että voi kerrasta tuhota akun.

Keula- ja perämoottorien ohjaus ja liittäminen veneen navigointijärjestelmään, katso Asennusvinkkejä ja vianetsintä / NMEA2000-verkko-osioista, sivu 68.

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

Esim. moottorin teho 5200 W, akusto 9200 Wh

- täydellä teholla ajoaika 9200 Wh / 5200 W = 1,7 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 tasasähköön sähkömoottorin käyttöjännitteeksi esimerkiksi 230 V AC -vaihtosähköksi.

Purjeveneissä purjehdittaessa propulsiojärjestelmän sähkömoottoria voi hyödyntää akkuja lataavana generaattorina, jota potkuri pyörittää. Veneen vauhti hieman kärsii mutta toisaalta akkuja saadaan ladattua jonkin verran.

Mikäli suuret propulsiojärjestelmän akut halutaan ladata nopeasti, on se haasteellista useissa venesatamissa suuren virrantarpeen takia syöttölinjassa:

- 12 V akkulaturi max 100 A vaatii 8,5 A sulakkeen
- 24 V akkulaturi max 100 A vaatii 16 A sulakkeen
- 48 V akkulaturi max 50 A vaatii 16 A sulakkeen.

Suurin virransyöttö 1-vaihepistorasiassa - suko tai CEE – on 16 A.



# 3.

## VENEEN 230 V -MAASÄHKÖJÄRJESTELMÄ

Huviveneissä ja -aluksissa käytetään yleisesti 230 V AC -maasähköjärjestelmää (AC= Alternating Current = vaihtovirta eli vaihtosähkö). Suuremmissa aluksissa käytetään myös kolmivaiheista 400 V -maasähköjärjestelmää. Tässä oppaassa käsitellään 230 V -maasähköjärjestelmään liittyviä asioita. Aiemmin mainittu standardi SFS-EN ISO 13297:2021 koskee myös veneen vaihtosähköjärjestelmiä. (Katso: 5.7. Vastuukysymykset ja 5.8. Sallitut sähköasennukset sivu 47.)

Yleisesti 230 V -vaihtosähköjärjestelmään liittyy sähköiskun vaara. Jännitelähteenä veneessä 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 laaja on ihon kosketuspinta-ala ja millainen on ihon kosteus. Sähköisku voi aiheuttaa kulkiessaan kehon läpi muun muassa sydämen toimintahäiriöitä, syviä ja vakavia palovammoja ja nesteen kertymistä keuhkoihin.

Laiturilta tulevan sähkönsäädin kohdalla sähköiskuun riittää myös, jos henkilö samanaikaisesti vaihejohtimen kanssa koskettaa jotain maahan tai veteen yhteydessä olevaa metallirakennetta, seisoo avojoaloin vedessä tai vesillä olevassa hyvin vettyneessä puuveneessä.

Tyypillisesti veneen maasähkölaitteiston osia ovat:

- liityntäpiste laiturilla eli pistorasiakeskus
- liityntäjohto veneeseen ja sen liityntärasia veneessä
- maasähkökeskus
- kulutuslaitteet
- lämminvesivaraaja
- akkulaturi

- suojaerotusmuuntaja
- veneen sisäisen verkon hallintayksikkö
- vaihtosuuntaaja eli invertteri
- siirrettävä tai kiinteä generaattori.

### 3.1. LIITYNTÄPISTE LAITURILLA

#### Venesatamien sähköistys

Tähän on koottu venesatamien sähköistykseen liittyviä asioita, joihin venesatamista päättävät organisaatiot ja vastuhenkilöt joutuvat ottamaan kantaa investointi- ja kunnossapito määrärahoista päätettäessä. Näihin reaali-ilman rajoituksiin ja mahdollisuuksiin on myös veneilijän hyvä tutustua suunnitellessaan oman veneen akusto ja tai voimakone muutoksia.

Merkittävä osa veneistä on varustettu ns. maasähköjärjestelmällä, jota veneilijät enenevässä määrin käyttävät aktiivisesti sekä koti- että vierassatamissa. Yksittäisen veneen virrantarve (3,5 A - yli 40 A) riippuu veneen maasähköjärjestelmän laajuudesta.

Veneilijän kannalta keskeinen osa tätä kokonaisuutta on pistorasiakeskus (pistorasiapilari). Tällaisen ulos asennettavan pistorasiakeskuksen koteloitualueen on oltava vähintään IP44 suojaisissa olosuhteissa. Mikäli sijoituspaikalla esiintyy merkittävää aallokkoa, pitää suojausluokan olla parempi. Pistorasiakeskuksen tulee olla standardien SFS-EN 61439-7:2023 ja SFS 6000-7-709:2022 mukainen.

| Standardi / määräys        | Mitä käsittelee   |
|----------------------------|---|
| Finlex 1135/2016           | Sähköturvallisuuslaki   |
| SFS-EN IEC 60309-1:2022    | Teollisuuskäyttöön tarkoitetut voimapistorasiat   |
| SFS-EN 60529               | Sähkölaitteiden koteloitualueet   |
| SFS 6000-7-709 :2022       | Pienjännitesähköasennukset. Osa 7-709: Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Satamat, venesatamat ja vastaavat tilat   |
| SFS-EN IEC 61439-7 :2023en | Low-voltage switchgear and controlgear assemblies - Part 7: Assemblies for specific applications such as marinas, camping sites, market squares, electric vehicle charging stations |

3.1. Sataman virransyöttöjärjestelmää – rakenteet, komponentit, johdotus ja kytkentä – määrittävät standardit ja määräykset.



### 3.2. Venesataman pistorasiakeskus veneiden maasähkөөn liittämiseen.

Pistorasiakeskuksessa tulee olla yksi pistorasia venepaikkaa kohti. Pistorasiakeskuksia on oltava riittävästi, että vältetään pitkiltä jatkojohtoilta. Yhteen pistorasiakeskukseen saa sijoittaa maksimissaan neljä kappaletta pistorasioita. Käytännössä huviveneille tarkoitettu pistorasiakeskuksessa on neljä CEE-pistorasiaa, jotka kukin mahdollistavat 16 A maksimivirran ulosoton. Mikäli tarvitaan suurempia virtoja tai jännitteitä, voidaan käyttää voimapistorasioita. Tämä kuitenkin edellyttää myös näiden tarpeiden huomiointia muuallakin sataman virransyötössä.

Jokainen yksivaihepistorasia on suojattava erikseen omalla 2-napaisella vikavirtasuojalla, jonka toimintarajavirta on enintään 30 mA sekä erikseen ylivirtasuojalla. Erillisen vikavirtasuojan ja johdonsuojakatkaisijan voi korvata vikavirtasuojaa tai johdonsuojakatkaisija -yhdistelmällä.

Pistorasiakeskukselta edelleen tulisi käyttää liitäntäjohtoa, joka sopii suoraan CEE-pistorasiaan ja veneen päässä on myös vastaava 3-napainen pistotulppa ja pistorasia -pari. Suko - CEE -adapterin käyttöä tulisi välttää.

## Syöttövirran riittävyys laiturin liitäntäpisteellä

Satamissa ollessaan veneet kytkeytyvät yleisesti maasähkөөn, jolloin käytetään useita laitteita. CEE-pistorasiasta voi maksimissaan ottaa 16 A virtaa. Taulukosta 3.3. nähdään, etteivät kaikki laitteet voi olla yhtäaikaa käytössä. Ei käytössä olevat on merkitty \*-merkillä, käytössä olevat laitteet on lihavoitu:

**A)** Tavanomaisessa ratkaisussa veneessä voidaan ladata akkustoa, pitää lämminvesivaraaja päällä ja käyttää kahvinkeitintä. Virrankulutus 15 A.

**B)** Kun vene varustetaan 12 V -litiumioniakustolla ja akkulaturiksi valitaan tehokas maasähkölaturi, kasvaa virran tarve edelleen, tällöin kulutusta pitää rajoittaa enemmän kuin a) tapauksessa. Taulukon esimerkin mukaan virrankulutus on 16,5 A, joka aiheuttaa johdonsuojaa sulakkeen laukeamisen.

**C)** Kun veneessä on sähköinen propulsiojärjestelmä, esimerkiksi 48 V -akustolla ja suurteholaturilla, yhdistelmä vaatii pelkästään akkujen lataus virtaa CEE-pistokkeen maksimivirran 16 A. Tällaisessa veneessä ei voi olla muita laitteita käytössä samassa syöttöliitäntässä, kun akustoa ladataan täydellä teholla.

Sataman ylläpitäjän kannalta on oleellista tietää veneiden tehon/virran -tarve, jotta sataman syöttölinjojen kuormitus voidaan jakaa tasaisesti, ja vältetään ylikuormitus tilanteet. Jossain tilanteissa voi olla välttämätöntä velvoittaa veneenomistajaa rajoittamaan venekohtaista sähkönkulutustaan, etteivät muut veneet jäisi kokonaan ilman tarvittavaa virtaa.

| Laite              | a) Lyijyhappoakusto<br>12 V/50 A laturi |                | b) Litiumioniakusto<br>12 V/100 A laturi |                  | c) Propulsiojärjestelmä,<br>48 V suurteholaturi |                  |
|--------------------|---|----------------|--|------------------|---|------------------|
|                    | Teho [W]                                | Virta [A]      | Teho [W]                                 | Virta [A]        | Teho [W]  | Virta [A]        |
| Ilman kuivain      | *400                                    | *2             | *400                                     | *2               | *400  | *2               |
| Veden/kahvinkeitin | <b>1800</b>                             | <b>8</b>       | <b>1800</b>                              | <b>8</b>         | *1800   | *8               |
| Sähkölämmitin      | *2000                                   | *9             | *2000                                    | *9               | *2000   | *9               |
| Lämminvesivaraaja  | <b>770</b>                              | <b>3,5</b>     | *770                                     | *3,5             | *770  | *3,5             |
| Akkulaturi         | <b>770</b>                              | <b>3,5</b>     | <b>1870</b>                              | <b>8,5</b>       | <b>3500</b>                                     | <b>16</b>        |
| <b>Yhteensä</b>    | <b>5740 - 3340</b>                      | <b>26 - 15</b> | <b>6840 - 3670</b>                       | <b>31 - 16,5</b> | <b>9500 - 3500</b>                              | <b>38,5 - 16</b> |

### 3.3. Veneiden erityyppisten akustojen (a, b ja c) latauksen ja erilaisten laitteiden käyttömahdollisuus latauksen aikana.

Kun esim. litiumioniakkujen ja sähköisien propulsiojärjestelmien myötä suurtehoiset maasähkölaturit lisääntyvät olisi veneilijän myös itse hyvä ymmärtää, ettei venesatamassa oleva virransyöttökapasiteetti riitä välttämättä kasvaneille tarpeille. Kun veneen virrantarve maasähkön kautta lisääntyy merkittävästi, olisi veneilijän hyvä olla yhteydessä kotisataman pitäjään tilanteesta, jotta muutos voidaan huomioida tulevissa venesatama investoinneissa.

Esimerkki virransyötöstä venesatamassa

Lähtötilanne.

- kolmessa laiturissa kussakin veneitä 24 kpl; yhteensä 72 kpl
- 3-vaiheinen sähkönsyöttö jaettu vaihe / laitur
- 6 venettä / laitur käyttää maasähköä – akkulaturit 50 A 770 W, lämminvesivaraaja 770 W, ilman kuivain 400 W = 1940 W liityntäteho / vene laiturin tolpa
- kokonaiskulutus satamassa / vaihe noin 12 kW
- Tämä tarkoittaa, että sataman pääsulakkeiden tulisi olla 3 x 63 A.

Kulutuksen kasvuvaihe 1.

- Yllä mainittujen veneiden lisäksi kussakin laiturissa kahteen veneeseen asennetaan litiumioni -akut ja 12 V 100 A akkulaturin; 1850 W / vene yhteensä 2 venettä 3740 W
- kokonaiskulutus satamassa / vaihe noin 15,74 kW = pääsulakkeet 3 x 80 A.

Kulutuksen kasvuvaihe 2.

- Yksi vene kussakin laiturissa hankkii lisäksi 48 V sähköisen propulsiojärjestelmän, jossa litiumioniakut ja tehokas maasähkölaturit 48 V 50 A = 3500 kW
- kokonaiskulutus satamassa / vaihe 19,24 kW; 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. Kaapeleiden vaihtaminen on, satamasta riippuen, taloudellisesti merkittävä satamapalveluiden perustarannusinvestointi. Lisäksi huomioitava myös kasvavasta sähköenergian kulutuksesta ja siirrosta aiheutuvat kustannukset sekä pääsulakkeiden koon mukaisesta sähköliittymän perusmaksusta.

## Laiturialueen sähköistyksen kunnossapito

Venesataman kunnossapitoon kuuluu myös sähköliittymien ja pistorasiakeskusten säännönmukainen kunnon seuranta. Kelluvien laitureiden sähkönsyöttö on usein toteutettu laiturin alkupäässä pistorasialiitintä. Vähintään kauden alussa tulee tarkistaa voimapistorasioiden ja -tulppien liitinten kunto esimerkiksi hapettumien varalta. Hapettuminen liitoksissa voi aiheuttaa jännite-eron

nolla- ja suojajohtimien välillä, mikä voi johtaa veneiden korroosio-ongelmiin. Vastaava tarkistus tulee tehdä myös pistorasiapylväiden pistorasialiitoksiin. Veneen omistajaa on kehotettava tarkistamaan vastaavasti maasähköliittäjäjohtonsa pistotulpan vedonpoisto ja kunto hapettumien varalta sekä kaapelin vaipan eheys.

Pistorasiakeskusten vikavirtasuojat on testattava säännönmukaisesti suojalaitteen testipainikkeesta (merkitty ”T”-kirjaimella), tavallisesti vähintään kaksi kertaa vuodessa. Testin laiminlyönti voi johtaa vikavirtasuojakytken jumittumiseen, jolloin se ei toimi.

## 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 öljynkestävä kumikaapeli VSN H07 RN-F sopii tarkoitukseen.

Liitäntäjohto voi olla kaapelikelalla. Suositus on, että jatkojohtot ja kaapelikelat ovat kummastakin päästä varustettu CEE-pistokkeilla, jotta vaihe- ja nollajohtimet pysyvät järjestyksessä.



3.4. Kelalla oleva jatkojohto, joka on kummastakin päästä varustettu yksivaiheisella CEE-pistokkeella.

Käytettäessä suurta kuormaa pitkään, tulee koko kaapeli ottaa pois kelalta. Virran aikaansaama kaapelin kuumentuminen saattaa jopa sulattaa kaapelin eristeen ja sytyttää sen palamaan. 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. Kelan keskellä on usein bimetallitermostaatti (kuvassa 3.4. punainen painike) keskellä, joka katkaisee sähköt johtimien alkaessa kuumentua.

## Liityntärasia veneessä



3.5. On sallittua tehdä siirtymäjohto tai adapteri pyöreän pistotulpan ja sukotulpan välille. Kuvassa mahdollisia ratkaisuja. Johdon pitää olla niin lyhyt, ettei johdon päässä oleva pistotulppa ylety veteen tai maahan. Adapterien käyttöä tulisi kuitenkin välttää.

Liityntärasian tulee olla CEE-pistokkeelle sopiva tai muu vastaava 3-tai 5-napainen rasia. Viisi napainen rasia on käytössä isompien huvialusten 400 V -vaihtosähköjärjestelmässä. 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 alttiin paikkaan, kannattaa valita suojaluokaksi IP67.



3.6 Tyypillinen veneeseen asennettu hyvin suojattu liityntärasia maasähkön kytkentään.

Veneen sisäistä sähköjakelua koskevat vaatimukset on esitetty standardissa SFS-EN ISO 13297:2017 kohdissa 4, 6-7, 10-17, 19-20 ja 23-25. Vaatimukset koskevat muun muassa potentiaalintasausta, merkintöjä, inverttereitä, ylivirtasuojia, kytkinpaneeleita, johdinmateriaaleja ja -poikkipintoja, pistorasioita ja kipinäsuojausta.

## Veneen kytkeminen ja irrottaminen maasähköstä

### Kytkeytyminen

- Liityntäjohto liitetään ensin veneeseen ja sitten laiturilla olevaan pistorasiaan, ettei jännitteinen liitäntäjohdonpää joudu vahingossa veteen.

#### Huomioi seuraava:

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

### Irrottaminen

- Liitäntäjohto irrotetaan ensin laiturin pistorasista ja sitten veneestä.

## 3.3. VENEEN MAASÄHKÖKESKUS

Kaikki veneet, jotka säännöllisesti rannassa 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
- pääkytkin, ylivirtasuojia ja vikavirtasuojia tai edellisten yhdistelmälaite
- merkkivalo jännitteen kytkennästä (ja napaisuudesta)
- CEE-runkopistoke (uros) tai vastaava, virran sisään-tulolle kotelon kylkeen asennettuna
- vesitiivis akkulaturi asennettuna kotelonkylkeen tai sisälle ja syötettynä vikavirtasuojalta.

Isommissa veneissä on enemmän kulutuslaitteita, jolloin maasähkökeskuksesta tulee laajempi.

Keskeiset komponentit ovat:

- riittävän vesitiivis kotelo
- pääkytkin, ylivirtasuojia ja vikavirtasuojia tai edellisten yhdistelmälaitteita
- merkkivalo jännitteen kytkennästä (ja napaisuudesta)
- jokaiselle ulosotolle oma 2-napainen johdonsuojakatkaisija
- lämminvesivaraajalle yleensä oma merkkivalo.

Keskuksesta on syytä olla riittävästi erikokoisia johdonsuojia veneen sähköjärjestelmän monipuolisen käytön mahdollistamiseksi. Jos käytetään vikavirtasuojia/ylivirtasuojia -yhdistelmää tai erillisenä ylivirtasuojana johdonsuojakatkaisijaa ei erillistä pääkytkintä tarvita enintään 25 A -järjestelmissä.



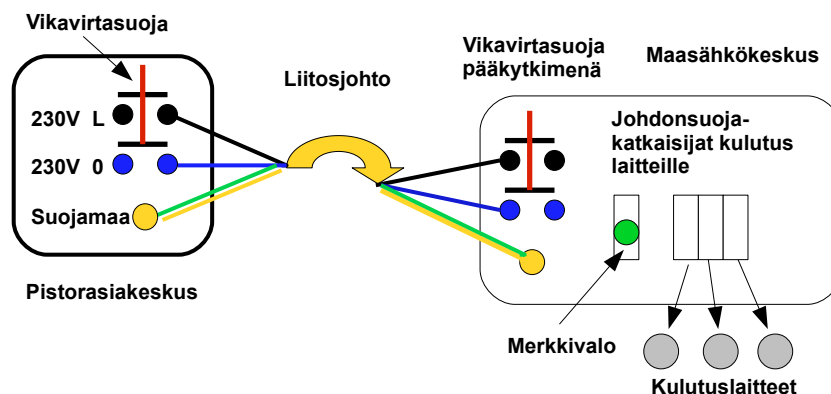
3.7. Tyypillinen veneen maasähkökeskus.

Sähkönjakelu järjestelmä on pääsääntöisesti keskitetty, mutta se voi olla myös hajautettu. Keskitetyssä kaikki komponentit ovat samassa kotelossa, kun taas hajautetussa on vikavirtasuoja tai pääkytkin standardin mukaan lähellä liittytapistorasiasiaa ja muut helpommin käsillä veneen sisällä. Standardin mukaan ensimmäisen suojalaitteen tulisi olla enintään 0,5 metrin päässä maasähköliitännästä tai johtimet maasähkökeskukselle tulee olla asianmukaisesti suojatut (kaapeli, suojaputki, kotelo tms.), kuitenkin enintään 3 metrin päässä. (Katso kuva 3.8.)

### Oikosulku- ja vikasuojaus

Suomessa käytössä olevassa jakelujärjestelmässä yksivaiheisen sähkönsyötön toinen johdin on syöttävän pään puolella yhdistetty maahan. Tätä johdinta kutsutaan nolajohdimeksi ja toista jännitteistä johdinta vaihejohdimeksi. Järjestelmään kuuluu lisäksi keltavihreä suojajohdin, jota käytetään vikasuojauksessa virransyötön automaattiseen katkaisuun.

Johtimet kestävät ilman vaarallista lämpenemistä vain tietyn kuormitusvirran:  $1,5 \text{ mm}^2 = 10 \text{ A}$  ja  $2,5 \text{ mm}^2 = 16 \text{ A}$ . Tätä varten johdot on suojattu sulakkeilla tai johdonsuojakatkaisijoilla, jotka ylikuormitusilanteessa katkaisevat virran kulun. Tavallinen sulakekoko on 16 A. Jos sulakkeen tai johdonsuojakytken läpi kulkee vaikkapa 25 A virta, sulake palaa tai johdonsuojakytken läpi kulkee vaikkapa 25 A virta, sulake palaa tai johdonsuojakytken laukeaa estäen johtimen vaarallisen lämpenemisen.



3.8. Periaatekuva maasähkön ja veneen 230 V -järjestelmän kytkennästä.

Oikosulku- ja ylivirtasuojat eivät kuitenkaan toimi henkilösuojina, sillä sähköisku on vaarallinen jo sellaisilla virroilla, joita tavanomaiset suojalaitteet eivät joko havaitse tai laukaise.

Maasulku- tai oikosulkutilanteessa johtimien läpi voi kulkea huomattavan suuri virta ja siksi suojalaitteiden tulee toimia, joko 0,4 tai 5,0 sekunnissa. Tämä on vaatimuksena siksi, että vikatilanteessa kosketeltavissa olevat metalliosat voivat olla vaarallisesti jännitteiset, joten virta pitää katkaista nopeasti.

### Vikavirtasuojat

Ainoastaan enintään 30 mA vikavirtasuoja voi toimia ns. henkilösuojana tilanteessa, jossa henkilö tahattomasti koskettaa jännitteistä osaa ja maapotentiaalissa olevaa osaa samanaikaisesti. Standardi SFS-EN ISO 13297:2021 vaatii kohdassa 14.2 enintään 30 mA vikavirtasuojan kaikkiin AC-syöttöihin (maasähkö, invertteri tai generaattori). Vikavirtasuojassa tulee olla testipainike sen mekaanisen toiminnan varmistamiseksi.

Vikavirtasuoja pitää olla veneessä ensimmäiseksi virranotokohdan jälkeen, ennen kaikkia muita laitteita (pääkatkaisijaa, sulakkeita, automaattikytkimiä). Nykyisin saatavilla on myös vikavirta/johdonsuojakatkaisija -yhdistelmiä, jotka korvaavat erillisen pääkytkimen.

### Vikavirtasuojan toimintaperiaate ja tehtävä

Vikavirtasuoja 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 (0,03 A), katkeaa virta heti.

Kun vikavirtasuoja on lauennut, vipu, joka kytkee tai katkaisee virtapiiriin, on 0-asennossa. Tavallisimpia syitä on

maasähköjohdon pistotulpan joutuminen veteen tai saateeseen. Vikavirtasuojakytkimen uudelleen kytkeminen ei silloin riitä. Pistotulpassa on edelleen vettä ja se aiheuttaa suojalaitteen laukeamisen. Suolainen vesi pitää huuhtoa pistotulpastasta makealla vedellä, kuivata ja mieluiten suihkuttaa myös sisäpuolelta kosteutta poistavalla sprayllä.

Kun vikavirtasuojaja katkaisee virran, on siihen aina syy. Ennen jännitteen uudelleen kytkemistä tulee ensin etsiä syy ja korjata vika. Sen mekaniikka tulee herkistää painamalla testipainiketta kaksi kertaa vuodessa. Samalla sen mekaaninen toiminta tulee tarkistettua.

### 3.4. KULUTUSLAITTEET

Kulutuslaitteille tarkoitettujen pistorasioiden tulee olla suojamaadoituksella varustettuja, jotta niissä voidaan käyttää tavanomaisia sähkölaitteita. Kulutuslaitteiden kosketeltavien metalliosien tulee olla suojamaadoitukseen liitettyjä, ellei kyse ole kaksoiseristetyistä laitteista. Kaksoiseristetyn pistorasiaan liitettävän laitteen tunnistaa joko arvokilvessä näkyvästä kahden sisäkkäisen neliön symbolista sekä litteästä pistotulpastasta. Kiinteästi asennettavan kaksoiseritetyn laitteen osalta on noudatettava valmistajan ohjeita. Myös sellaisen arvokilvessä on vastaava symboli. Kulutuslaitteiden tulee olla venekäyttöön ja -olosuhteisiin soveltuvia. Kotiin tarkoitettut laitteet soveltuvat usein sähköistyksen kannalta, mutta niiden valmistusmateriaalit eivät välttämättä kestä pitkään merellisiä olosuhteita. (Katso kuva 3.9.)

#### Lämminvesivaraaja

Käytännössä kaikki venekäyttöön tänä päivänä myytävät lämminvesivaraajat ovat ulkopinnaltaan joko muovikuoria tai eristemateriaalin päälle on laitettu suojaksi metallivaippa. Metallinen suojavaippa ei välttämättä ole galvaanisessa yhteydessä varsinaiseen vesisäiliöön. Vaipan maadoittamisessa on noudatettava valmistajan asennusohjetta.

Valinnassa kannattaa kiinnittää huomiota helppoon tyhjennettävyyteen. Sisälle jäänyt vesi jäätyy talvella ja rikkoo sähköiset osat tai vesisäiliön.

| Lämpötilakompensointi<br>0,3 V/10 °C  | -5 °C  | +5 °C  | +15 °C | +25 °C | +35 °C |
|---------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Täyden akun latauksen katkaisujännite | 15,3 V | 15,0 V | 14,7 V | 14,4 V | 14,1 V |

3.9. Käytettäessä AGM- ja hyttelöakkuja tulee laturissa olla liitäntä akun lämpötilan mittaamiselle, jotta lataus onnistuu kylmässä, ja jottei akkuja tuhoata lämpötilan ollessa korkea.

### Maasähköakkulaturi

Moottorilla ajoa voi olla niin vähän, ettei päivittäistä sähköntarvetta saada tyydytettyä. Tyypillisin esimerkiksi on purjevene, joka purjehtii pitkän aikaa. Vaikka suuret sähkönkuluttajat, kuten jääkaappi ja lämmityslaitte, olisivatkin poiskytkettyinä, tarvitsevat esim. hehkulamputa toteutetut kulkuvälit vähintään 30 Ah joka yö. Niiden kulutusta voidaan pienentää siirtymällä yhteen kolmivärisen valoon mastonhuipussa tai ledeillä toteutettuihin kulkuvälisiin. Tällöin on kuitenkin varmistettava niiden soveltuvuudesta (hyväksynnästä) venekäyttöön.

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.

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 kulkuvälisiin, navigointilaitteisiin ja autopilottiin.

#### Lataaminen maasähköstä

Jos veneen kotilaturista on maasähkö mahdollisuus, akkujen varaustilan ylläpito on helppoa, liittämällä vene maasähköön. 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-, hyttelö- ja litiumakut vaativat oman latausohjelmansa sekä lämpötilakompensoinnin.

Maasähkölaturin latausteho kannattaa mitoittaa vastaamaan akkujen kapasiteettia ja latautumisoimaisuuksia. Ohjeellisena arvona latausvirran tulisi olla lyijyhappo-akuille 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 s.53.



Litiumioniakkujen keskeinen etu on nopea latautuminen. Se vaatii, että latausvirta vastaa akuston latautumiskykyä. Jos litiumakusto muodostuu yhdestä 100 Ah -akusta, joka kykenee latautumaan 50 A -virralla, niin 50 A tuottava laturi kykenee lataamaan ko. akun täyteen 2-3 tunnissa. Jos akkuja on kaksi samalta laturilta, menee aikaa noin 4-5 tuntia. Laskelma olettaa, ettei mitään muuta kulutusta ole samanaikaisesti. Laturin latausvirran puoliintuminen kulutuksen takia tuplaa latausajan.

Katso lisäksi luvut: Asennusvinkkejä ja vianetsintä, sivu 53 ja Moottorin- ja maasähkölaturin koko, sivu 55.

## Muut kulutuslaitteet

Valtaosa muista kulutuslaitteista liitetään pistorasioihin – vedenkeitin, hiustenkuivaaja, Tv, jne. – ja niillä kaikilla on veneessä luontevat käyttöpaikat, joihin voidaan asentaa pistorasia. Jatkojohtoja ei tule käyttää, koska ne ovat tarkoitettut tilapäiseen käyttöön siellä, missä niillä ei ole mekaanisen vaurioitumisen vaaraa. Jos siis tarvitaan uusia pistorasioita, niin kannattaa pyytää ammattilaista suorittamaan kiinteän verkon laajennus.

## 3.5. SÄHKÖJÄRJESTELMIEN EROTTAMINEN

Sähköjärjestelmien erotus voidaan toteuttaa kahdella eri tavalla: joko muuntajaan perustuvalla suojaerotusmuuntajalla tai taajuusmuuttajaan perustuvalla Switch Mode suojaerotusmuuntajalla.

Kumpikin toimii erinomaisena korroosion estäjänä ja suodattavat verkkovirran mahdollisia heilahteluja. Kummallakin tavalla laiturilta tuleva 230 V -vaihtosähkö kytketään laitteen ensiöpuolelle ja sen toisiopuolelta saadaan ulos veneessä käytettävää 230 V -vaihtosähköä ilman, että niillä on mitään galvaanista eli metallista yhteyttä laiturilta tulevaan sähkösyöttöön.

Suojaerotusmuuntaja lisää sähköturvallisuutta ja ehkäisee korroosio-ongelmia, mutta se ei poista kuitenkaan sähköiskunvaaraa veneessä. Suojaerotusmuuntajia on monenlaisia ja on tärkeää noudattaa kytkennöissä valmistajan ohjeita.

Kytentäohjeita tulee noudattaa tarkasti. Kaikissa veneissä, joissa on hiemankin laajempi maasähkijärjestelmä, pitäisi sähköturvallisuuden vuoksi olla suojaerotusmuuntaja. Erityisen tärkeää se on veneissä, jotka on tehty johtavasta materiaalia (alumiini, teräs, hiilikuitu).

## Suojaerotusmuuntaja ja sen kytkentä

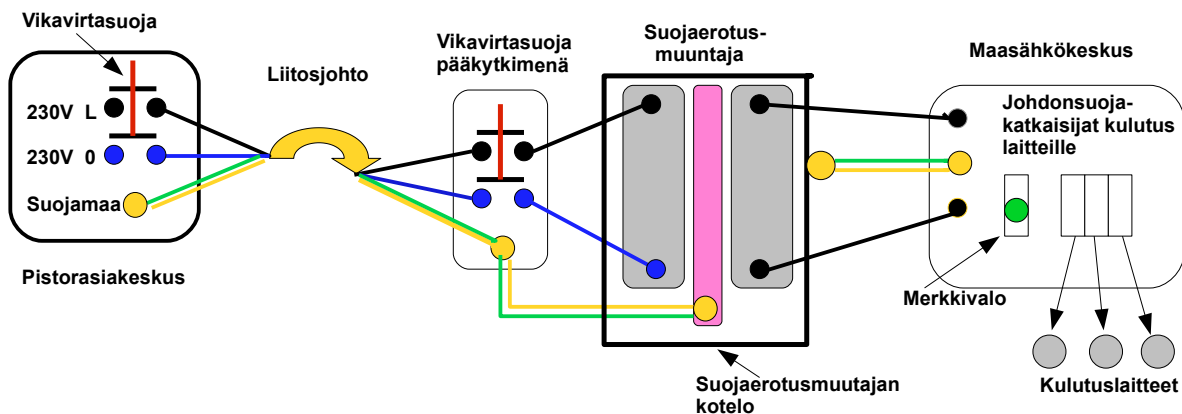
Muuntaja on laite, joka indusoi ensiökäämiin kytketyn sisään tulevan jännitteen toisiokäämiin. Veneessä käytetään suojaerotusmuuntajaa, joka toimii muuntosuhteella 1:1. Jos syötetään 230 V -vaihtosähköä sisään ensiöpuolelle niin saadaan 230 V -vaihtosähköä ulos toisiopuolelta.

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

Maalla ja veneissä käytettävien suojaerotusmuuntajan kytkennässä on merkittävä ero. Maalla käytettäessä suojamaajohdin on sama kummallakin puolella erotinta.

Kun veneeseen asennetaan suojaerotusmuuntaja, vikavirtasuojaa tulee asentaa ensimmäiseksi komponentiksi ennen erotusmuuntajaa. Suojaerotusmuuntajan kytkennässä pitää huolehtia siitä, että maista tuleva maadoitusjohdin päätetään kytkentäohjeen mukaisesti ensiöpuolen maadoitusliittimeen. Samalla käyttöön otetaan uusi maadoitusjohdin erotusmuuntajan toisiopuolen omasta maadoituslähdestä tai oikeammin tasauspisteestä.

Suojaerotusmuuntajalla on oma maadoituksen ulostulonsa. Siitä lähtevä johdin vietään veneessä olevaan maasähkökeskukseen ja edelleen yksittäisille komponenteille. Sitä ei saa yhdistää maista tulevaan maadoitukseen eikä muuhun maadoituspisteeseen. Veneen 230 V -vaihtosähkijärjestelmä jää kelluvaksi.



3.10. Vikavirtasuojan ja suojaerotusmuuntajan kytkentä.

## Switch Mode -tekniikka ja sen kytkentä

Uusi Switch Mode -tekniikka, jota on aikaisemmin käytetty esim. akkulatureissa, on otettu käyttöön suojaerotusmuuntaja rakenteessa. Ensiopuolella (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.

Perinteisellä tekniikalla toteutettu suojaerotusmuuntaja muodostuu kahdesta eristetystä kuparikäämistä, jotka on sijoitettu yhteiselle rautasydämelle, joten ne ovat suuria ja painavia, esimerkiksi 2 kW muuntaja painaa 25 kg. Paino ja koko asettavat omat haasteensa sen sijoitukselle ja luotettavalle kiinnitykselle veneen rakenteisiin. Switch Mode -suojaerotusmuuntaja, jonka kapasiteetti on 3,5 kW, painaa ainoastaan 6 kg.

Molemmilla tyypeillä hyötysuhde on 94-96 %. Häviö tunnetaan lämpönä. Perinteinen suojaerotusmuuntaja ei tarvitse jäähdytystä, mutta Switch Mode -suojaerotusmuuntaja tarvitsee tuulettimen komponenttien jäähdytykseen ja asennustilan tuuletukseen.

Kummallakin tavalla toteutettuja suojaerotusmuuntajia käytetään monissa eri yhteyksissä. Valitaanpa veneeseen kummalla tahansa tekniikalla toteutettu laite, tulee sen olla suunniteltu ja soveltua kytkettäväksi veneasennuksiin ja kestää veneessä vallitsevat kosteat ja suolapitoiset olosuhteet.

## 3.6.

# VENEEN SISÄINEN VERKONHAL- LINTAYKSIKKÖ, INVERTTERI JA GENERAATTORIT

## Verkonhallintayksikkö

Kun veneen 230 V -vaihtosähköjärjestelmään voidaan syöttää virtaa usealla tavalla – laiturin liitäntäkotelon kautta, invertterillä, kiinteällä aggregaatilla – 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 verkonhallintayksikkö. Sen etuja ovat:

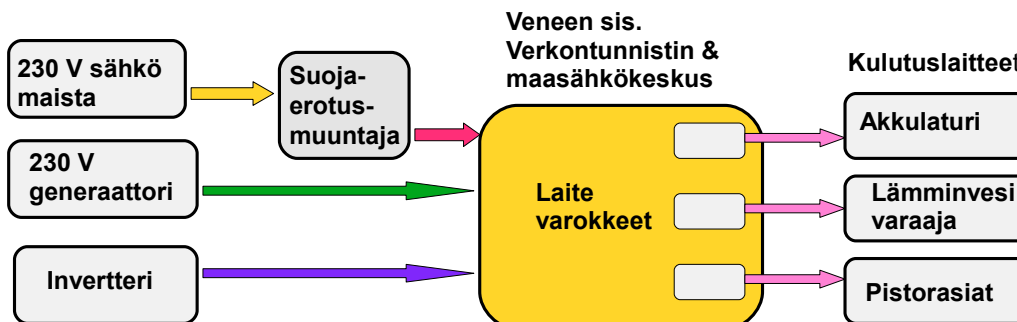
1. Järjestelmäkokoaisuus sisältää usein samalla maasähkökeskuksen
2. Järjestelmä tunnistaa mistä virta syötetään ja missä järjestyksessä virransyötöt ovat määrääviä: laituri-liitäntä estää aggregaatin ja invertterin kytketymisen ja aggregaatti estää invertterin toiminnan.
3. Järjestelmä sallii vain ne kulutuslaitteet, jotka ovat ko. syöttötavalle järkeviä: ei ole esimerkiksi järkevää syöttää invertterillä akkulaturia.

(Katso kuva 3.11.)

## Invertteri

Invertteri eli vaihtosuuntaaja muuntaa 12 V tai 24 V -tasasähkön 230 V -vaihtosähköksi. Invertterin tuottamalla sähköllä voidaan käyttää periaatteessa samoja laitteita kuin laituri-liitäntästä. Rajoittavana tekijänä on invertterin teho. Tehot vaihtelevat 100 W-2500 W välillä käyttötärpeen mukaan.

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



3.11. Periaatekuva veneen sisäisen verkkotunnistimen ja maasähkökeskuksen liittämistä järjestelmään.



### 3.12. Kannettava pieni invertteritekniikalla toteutettu aggregaatti. 230 V/2 kW, 12 V/8 A.

Jos käytössä on 400 W invertteri, jonka hetkellinen kuorma saa olla 500 W ja tähän liitetään 380 W porakone, joka käynnistyessään vaatii 450 W, niin 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 ovat yleensä hieman kalliimpia. Hakkuriaalto soveltuu useimmille laitteille, mutta jotkut herkät elektroniset laitteet saavat siitä häiriöitä.

Invertteri on lähes äänetön, ainoa äänilähde on tuuletin ja ne toimivat yli 90 % hyötysuhteella.

Pienitehoista 100-200 W invertteriä käytetään vain yksittäisille laitteelle (PC, taulu TV) ja silloin käytettävä laite liitetään suoraan invertterin pistorasiaan. Pienitehoisen invertterin voi liittää tupakansytytinliitintään, koska virta ei maksimikuormalla ylitä 16 A.

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

Kun invertterillä halutaan käyttää useampia laitteita ja siten syöttää virtaa useampaan pisteeseen veneessä, kasvava tehontarve samalla yleensä 1000-2500 W luokkaan, esimerkiksi 2500 W invertterin virrantarve on maksimitheolla 250 A. Isoilla inverttereillä on mahdollista käyttää kotoakin tuttuja laitteita kuten pölyimuria ja mikroaaltouunia. Tällöin oikea ja turvallinen tapa on asentaa invertteri kiinteästi ja kytkeä se veneen sisäisen verkon hallintayksikköön.

### Siiirrettävät virtalähteet

Tässä yhteydessä siiirrettävällä aggregaatilla tarkoitetaan tyypillisesti 2 kW bensiini- tai dieselmoottorikäyttöisiä laitteita, eli aggregaatteja. Laadukkaat aggregaatit tuottavat puhdasta sinimuotoista virtaa. Ne ovat varsin kevyitä ja suhteellisen hiljaisia. Tyypillisesti maissa niitä käytetään virrantuottajina pienille käsityökaluille, pumpuille tai TV:lle. Kokoa mietittäessä pitää muistaa jatkuvan- ja hetkellisen tehon välinen ero.

Etenkin veneen ollessa vesillä kannattaa siiirrettävä aggregaatti liittää samaan pistokkeeseen kuin laituriliitintäkin tehtäisiin. Tällöin kaikki veneen turvajärjestelmät ovat käytössä.

Tyypillisen aggregaatin antama 2 kW:n teho on rajallinen: lämminvesivaraaja 770 W + akkuvaraaja 40 A täydellä teholla 700 W + vedenkeitin 1400 W = 2,87 kW. Ylikuormitustilanteissa aggregaatti joko sammuu tai johdonsuoja laukeaa, eli jotain täytyy jättää pois.

### Kiinteästi asennettu aggregaatti

Tällä tarkoitetaan kiinteästi voimakoneeseen 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 aggregaatti tulee aina liittää veneen sisäisen verkon hallintayksikköön. Laitteiden mekaaninen asennus vaatii asiantuntemusta: polttoaine sisään/ulos, jäähdytysvesi sisään/ulos vaimennetusti, ilmankierto, jne. Dieselmoottorin ääni edellyttää hyvää äänieristystä. Usein järjestelmä varustetaan omalla käynnistysakullaan.

Laitteisto saattaa olla varustettu automaattisella käynnistysyksiköllä, joka reagoi esim. akkujen varaustilan laskuun. Kiinteästi asennettun aggregaatin hankinnan perusteena on suurehko sähkön tarve jotain tiettyä tarkoitusta varten ja se, ettei ole mahdollisuutta rantautua paikkaan, jossa voitaisiin liittyä laiturisähköön. Esimerkiksi pitkällä meren ylityksellä tarvittava vedentekolaite sekä runsaasti muita vaihtosähköllä toimivia varusteita. Sähkö ei kuitenkaan synny tyhjästä, joten tämä pitää huomioida, kun lasketaan tarvittavaa polttoainemäärää; ”dieselistä tehdään mm. vettä”.

### Siiirrettävät varavirtalähteet

Siiirrettävät, akulla varustetut, varavirtalähteet ovat yleistyneet nopeasti ja on vaihtoehto äänekkäälle ja säännöllistä huoltoa vaativalle polttoainekäyttöiselle aggregaatille. Näillä saadaan helposti suuriakin tehoja litiumteknikkaa veneeseen turvallisesti. Tällaisessa virtalähteessä voi olla valmiina 230 V AC -pistorasioita, USB-liittimiä (A- tai C) ja ns. tupakansytytinpistorasioita, joten ne eivät vaadi minkäänlaisia kiinteitä asennuksia veneessä. Sellaisesta voidaan käyttää samanaikaisesti useita sähkölaitteita tai laitureita, koska tehoalue on varsin laaja, esim. 300 W-3600 W (hetkellinen teho jopa 7,2 kW).

## 3.7. VASTUUKYSYMYKSET

### Veneen omistajan vastuu

Veneen sähkölaitteisto on veneenomistajan vastuulla. Kun veneeseen asennetaan maasähkölaitteistoa, on omistajan velvollisuus kertoa:

- mihin asennetaan pistorasioita
- mihin maasähkön liitännät asennetaan ja altistuu se mahdollisesti 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.

### Sähköurakoitsijan vastuu

Vaikka sähköurakoitsijan asentaja osaisi tehdä sähköasennuksia maissa, ei se takaa, että hän osaa ottaa huomioon veneen erikoisvaatimukset. Sähköasennuksen tehneen urakoitsijan on annettava tehdystä työstä sähköturvallisuuslain mukaisesti käyttöönottotarkastuspöytäkirja mittaloksin.

### Vastuu laiturisähköstä

Sähkönjakelu 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. Vika maasähkölaitteistossa tai muissa veneissä voi aiheuttaa korroosiovaaran veneissä.

## 3.8. SALLITUT SÄHKÖASENNUKSET

Suomessa sähkötyöiden tekeminen on tarkasti säänneltyä, koska vika 230 V vaihtosähköasennuksissa voi aiheuttaa henkilövahingon vaaran tai tulipalon.

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

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 turvallisuusrisikin. Kaikkien veneessä käytettävien sähkölaitteiden tulee soveltua käyttöympäristönsä.

# 4.

## KORROOSIO

### 4.1. KORROOSIO YLEISESTI

Korroosio on ympäristön vaikutuksesta tapahtuvaa metallien kemiallista tai sähkökemiallista syöymistä. Arkipäiväisin esimerkki kemiallisesta korroosiosta on raudan ruostuminen. Kun rauta on hapen ja veden kanssa vuorovaikutuksessa, se hapettuu ja sen pinnalle syntyy ruostetta eli rautaoksidia.

Sähkökemiallinen eli galvaaninen korroosio aiheutuu kahden eri metallin välillä, kun ne yhdistetään toisiinsa ja upotetaan sähköä johtavaan liuokseen eli elektrolyyttiin. Tilanne on veneilijälle tuttu, sillä merivesi toimii elektrolyytinä ja veneen rakenteissa on erilaisia metalleja. Lisäksi mahdolliset sähköjärjestelmän vuotovirrat voivat voimistaa sähkökemiallista korroosiota.

Veneilijän kannalta hankalinta on tärkeiden vesirajan alapuolella olevien metalliosien tuhoutuminen korroosion seurauksena sekä liitinten tai johtojen hapettuminen. Korroosio voi muodostua ongelmaksi olipa veneen rungon materiaali mikä hyvänsä, joten kaikkein veneilijöiden on syytä suojata korroosiota vastaan.

Laajasti tulkiten korroosiota eli syöymistä on kolmenlaisia:

- hapettuminen eli kemiallinen korroosio
- galvaaninen korroosio
- vuotovirtojen aiheuttama korroosio.

#### Hapettuminen

Metallipinnat hapettuvat joutuessaan kosteuden kanssa tekemiseen. Tämä ilmenee esimerkiksi siten että liitinten pinnoille ja akun navoille muodostuu vaaleaa kerrostumaa, kuparijohtimet mustuvat ja rauta ruostuu.

Raudan ruostuminen vaatii, että raudan pinta on paljanaan, saatavilla on happea ja kosteutta. Veneolosuhteissa ilmankosteus ja veteen liuenneen hapen pitoisuus riittävät ruostumisen käynnistymiseen. Ympäristössä olevat muut aineet saattavat kiihdyttää prosessia esimerkiksi meriveden suolat. Mikäli rauta on kuivaa ja kuivassa ympäristössä, saattaa ruostuminen olla hyvin hidasta. Myös hapeton ympäristö lopettaa ruostumisen esimerkiksi lämmityspattereissa. Kemiallisen korroosion ehkäisemisestä kerrotaan edempänä kohdassa Suojautuminen s.50.

Eri metalleilla esiintyy samantyyppinen ilmiö, jossa metallin pinta reagoi kemiallisesti ympäristön kanssa. Joidenkin metallien (esimerkiksi rauta) kohdalla ilmiö on haitallista, mutta joidenkin kohdalla ilmiö muuttaa metallin pinnan sietämään ympäristön vaikutuksia erittäin hyvin; esimer-

kiksi kuparin pinnan oksidoituessa väri muuttuu vihreäksi ja pinnasta tulee erittäin kestävä.

Suojaava oksidikerros heikentää kuitenkin kontaktia ja siten sähköä johtavuutta, mikä lisää jännitehäviötä ja potentiaalieroja. Ilmiöllä on merkitystä mm. potentiaali-erojen kasvattajana ja siten vuotovirtojen edistäjänä.

#### Galvaaninen korroosio

Sähkökemiallista korroosiota kutsutaan galvaaniseksi korroosioksi. Galvaanista korroosiota esiintyy, kun jännitesarjassa erilaisia metalleja on upotettuna elektrolyyttiin (vesi) ja metallit ovat sähköä johtavasti yhteydessä toisiinsa esimerkiksi johtimen kautta.

Vesirajan alapuolella on useita rakenteita, joihin tulee kiinnittää huomiota galvaanisen korroosion kannalta. Näitä ovat esimerkiksi potkuri ja akselisto, purjevenevetolaite, rautaköli ja kalarauta. Esimerkiksi pronssipotkuri tai haponkestävä potkurin akseli nojaavat pysyvästi teräskaulukseen ja usein myös moottoriin, joka on veneen sisällä, mutta jolla voi olla kontakti meriveteen jäähdytysjärjestelmän kautta. Tyypillisesti monissa akselivetoisissa järjestelmissä käytetty vakiokierrosnivele eristää kuitenkin potkuriakselin merivaihteesta ja moottorista. Masto ja rautaköli on saatettu yhdistää ukkosjohtatinkaapeleilla toisiinsa, jolloin mahdollisesti VHF-antennin kaapelin vaipan kautta miinus kytkeytyy samaan piiriin.

Veneen pohjasta löytyy yleensä useampia eri metalleja, jotka muodostavat sähkökemiallisen parin eli pariston keskenään. Paristojen toiminta perustuu toisen metallin syöymiseen. Jos laitetaan esimerkiksi sinkkiä ja valurautaa suolaveteen ja ne yhdistetään keskenään, käynnistyy sähköinen (sähkökemiallinen) prosessi. Sinkistä alkaa vaeltaa ioneja valurautaan. Ajan mittaan sinkki syöpyy pois, mutta valurautaa ei syövy. Tietoisesti aikaansaatu sähkökemiallista korroosiota käytetään kemiallisen korroosion estäjänä; katso edempänä Suoja-anodit s.50.

#### Jännitesarja

Metallit on järjestetty ns. jännitesarjaan sen mukaan, kuinka jaloja ne ovat eli kuinka helposti ne syöpyvät. Mitä epäjalompi metalli on, sitä helpommin se syöpyy. Sinkki-kupari-parissa kupari on jalo ja sinkki epäjalometalli. Syöpyminen on sitä tehokkaampaa, mitä suurempi on ero metallien jaloudessa (jännite-ero suurenee). Elektrolyytinä toimii yleensä vesi, johon liuenneet suolat mahdollistavat elektronien siirtymisen metallista pois, eli metalli syöpyy. Eri metallien välinen potentiaaliero pitää olla yli 0,25 V, jotta galvaaninen korroosio käynnistyy.

Kahden kuivan metallin yhdistäminen ei aiheuta syöymistä ja vasta kosteus saa virran kulkemaan. Kosteudesta, etenkin suolavedestä, tulee silloin elektrolyytti. Makeassa vedessä on liian vähän epäpuhtauksia, jotta se olisi hyvä elektrolyytti, tämän takia järvialueilla korroosio on vähäisempää.

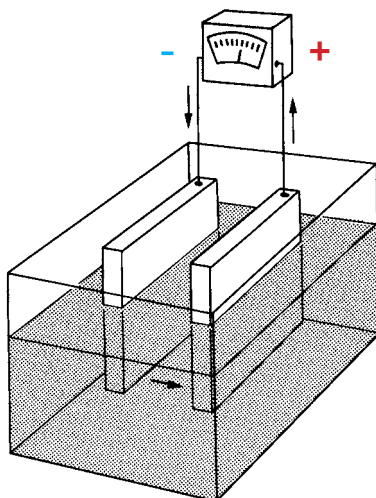
## Yleisimmin käytettyjen metallien jännitesarja

### KATODI

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

### ANODI

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 "vaikuttavat".



4.2. Kaksi elektrolyyttiin upotettua metallia muodostavat pariston. Siitä metallista, joka on alempana jännitesarjassa, tulee anodi ja siitä, joka on ylempänä, katodi. Jos ne kytketään yhteen, kulkee ioneja elektrolyytin läpi anodilta katodille. Anodi syöpyy.

## 4.2. KORROOSIOLTA SUOJAUTUMINEN

Jopa lasikuituveneessä on monia erilaisia metalleja. Jos ne joutuvat suoraan kosketukseen toistensa kanssa, alimman potentiaalinen metalli ”vaelttaa” kohti suuremman potentiaalisen metallia, kun se on elektrolyytissä. Tämän estämiseen on monia keinoja.

### Eristäminen

Hyvä lakka- tai maalikerros, muovinen välilevy tai jokin muu, joka erottaa nämä kaksi metallia fyysisesti toisistaan, voi olla tarpeeksi hyvä suojaus. Hyvänä esimerkkinä tästä on muovieriste purjevenevetolaitteen ja moottorin välissä. Eräs tapa on käyttää vedenkestävää rasvaa estämässä kontaktia meriveteen, mutta pinnoitteen kunnon seuranta voi olla haastavaa.

Tehokas tapa eristää moottori ja vetolaite satamassa veneen muusta galvaanisesta piiristä, on asentaa 2-napainen moottorinpääkytkin. Tämä katkaisee moottorilta plus ja miinus yhteyden OFF-asennossa.

### Suoja-anodit eli passiivinen korroosiosuojaus

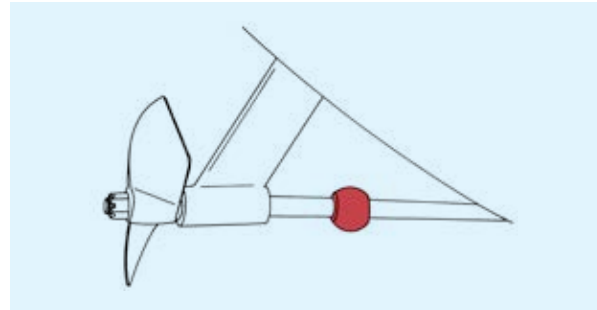
Anodi tarkoittaa sähkökemiallisessa reaktiossa uhrautuva metalli eli metalli, joka syöpyy. Suoja-anodin tarkoitus on kulua, jolloin se samalla suojaa katodia eli esimerkiksi vetolaitetta. Suoja-anodeja nimitetään usein sinkeiksi, vaikka kaikkien metallien suojaamiseen ei käytetäkään sinkkiä. Sinkkianodit ovat edelleen hyvä suoja rauta- ja teräsraakenteille. Kun suojattava materiaali on seostettu alumiinirakenne, on alumiininen -suoja-anodi suolaisilla vesillä oikea valinta. Järvi-alueilla magnesium-suoja-anodit ovat oikea valinta makean veden huonomman johtavuuden takia. Alumiinirakenteet eivät ole puhdasta alumiinia, vaan alumiiniin on lisätty muita metalleja haluttujen ominaisuuksien saavuttamiseksi. Merialumiiniin on lisätty noin 3 % magnesiumia muun muassa meriveden keston lisäämiseksi.

Vaikka ulkolaitamoottorien vetolaitteet ja purjevenevetolaitteet on merikäyttöön soveltuvasta seoksesta, on materiaali kuitenkin suhteellisen alhaalla jännitesarjassa. Ilman suojausta ne voivat syöpyä nopeasti. Näissä olevat suoja-anodit on vaihdettava säännöllisesti syöpymisen hidastamiseksi.

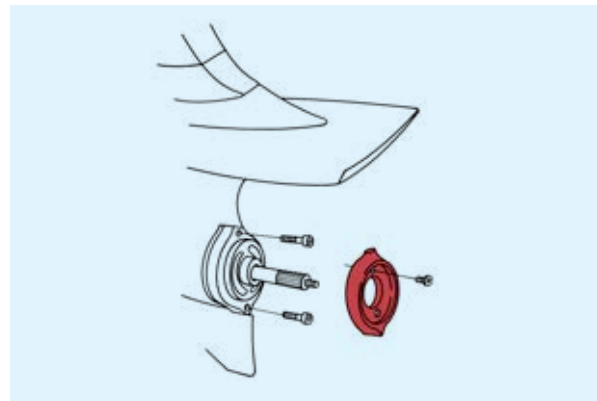
Jotkut venemoottorit voidaan suojata sisään asennetuilla anodeilla. Koska moottorin ja vaihteiston valmistusmateriaalit vaihtelevat, tulee asentaa vain alkuperäisiä ohjekirjan mukaisia anodeja.

Anodeja ei saa maalata tai päällystää, ja niiden on oltava hyvässä metallisessa yhteydessä siihen kappaleeseen, jota

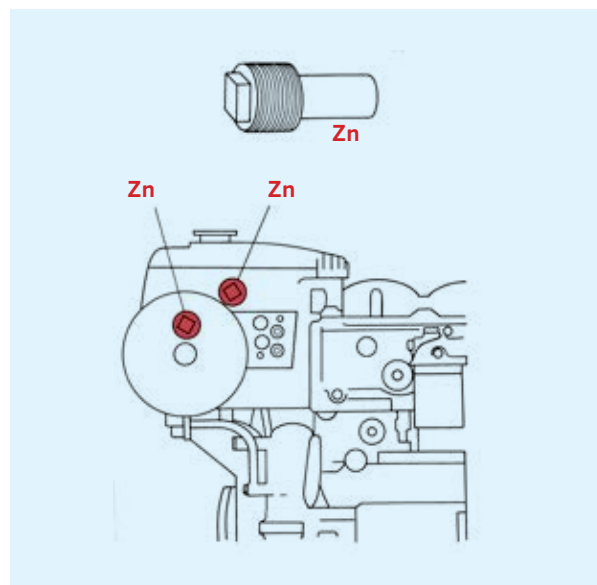
niiden on tarkoitus suojata. Mikäli käytössä ollut suoja-anodia ei vaihdeta pitää varmistaa, että kontakti suojattavaan materiaaliin on hyvä ja ulkopinta puhtas. Anodit, jotka kiinnitetään muovirunkoon potkurin tai ruorin suojaamiseksi, pitää yhdistää sähköisesti siihen kappaleeseen, jota niiden pitäisi suojata esimerkiksi kuparinauhalla.



4.3. Sinkkianodi potkurinakselissa. Saatavilla on monia versioita kaikkiin standardiakselinhalkaisijoihin.



4.4. Erikoisanodit vetolaitteistoa ja potkuria varten.



4.5. Moottorin sisään asennettu anodisuojaus.

Liikkuvissa osissa kuten ruorikoneistossa ei voi luottaa siihen, että sähköinen yhteys, veneen sisällä olevan koneiston osien ja vedenalaisen peräsimen välillä on tarpeeksi hyvä. Siksi on viisasta yhdistää nämä keskenään monisäikeisellä johdolla, joka on riittävän pitkä peräsintä liikuttaessa ääriolaidasta toiseen.

Jos purjevereen vetolaitteen rengasmaisen suoja-anodi on kiinnitetty akselin suuntaisilla ruuveilla, kannattaa suoja-anodi vaihtaa ajoissa. Suoja-anodi syöpyy myös kiinnitysruuvien ympäriltä, jolloin suoja-anodi saattaa liikkua ja vaurioittaa kiinnitysruuveja. Lopulta suoja-anodin kiinnityspulttien katketessa se alkaa pyöriä potkurin mukana aiheuttaen mahdollisesti vaurioita.

Galvaaninen korroosio on yleensä varsin hidasta. Mikäli suojaus on toteutettu oikein, nyrkkisääntönä on, että puolet suoja-anodeista syöpyy kauden aikana. Mikäli suoja-anodi ei kulu, syynä voi olla epäpuhdas tai käyttöolosuhteisiin nähden väärä anodimateriaali tai huono sähköinen yhteys suojattavaan kohteeseen.

Jos suoja-anodi on merialueilla kauden jälkeen uutta vastaavassa kunnossa tai on syöpynyt merkittävästi, on syytä huolestua.

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

3-lapaisen taittolapapotkurin navan ympärillä olevat suoja-anodit suojaavat vain potkuria. Nämä suoja-anodit tyypillisesti häviävät kauden aikana, koska käytettyjen suoja-anodien koko suhteessa navan massa on varsin pieni. Oleellisempaa on seurata, että esimerkiksi purjeverevetolaitteeseen kiinnitetty suoja-anodi kuuluu normaalista.

### 4.3. VUOTOVIRRRAN AIHEUTTAMA KORROOSIO

Vuotovirran aiheuttama korroosio on yleensä huomattavasti nopeampaa kuin galvaaninen korroosio, koska vuotovirroissa sähkökemialliseen piiriin tuodaan energiaa ulkopuolelta. Jännite-erot ja virrat saattavat olla huomattavia aiheuttaen nopeita muutoksia. Energiaa voi tulla veneen omista sähköjärjestelmistä tai veneen ulkopuolelta esimer-

kiksi muiden veneiden potentiaalierosta suhteessa omaan veneeseen.

Oman veneen järjestelmistä johtuvan vuotovirran syynä on käytännössä usein viallinen laite, virheellinen kytkentä tai liian kosteuden tai suolakertymän aikaansaama kytkentä.

Pelkästään veneen oman akun voimin voi syntyä vuotovirran aiheuttamia merkittäviä vaurioita. Mikäli lisäksi maasähkölaite on toiminnassa, jolloin akun varaustila pysyy korkeana, energiaa riittää merkittävien vaurioiden aikaansaamiseen.

Laiturissa olevat veneet muodostavat kukin itsenäisen ”pariston”, mutta eri veneet voivat myös kytkeytyä sähköisesti toisiinsa 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. Ilmiötä ei olisi, mikäli kaikkien veneiden välinen suhteellinen jännite (potentiaali) olisi täsmälleen sama; tällöin ei virta kulkisi, eikä siten olisi vaaraa syöpymisellekään tätä kautta.

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 saattaa olla merkittäviä kosteuden vaurioittamia liitoksia.

Suomalaisessa maasähköliitännässä on suojamaa-, nollaja vaihejohto. Maasähkö 230 V -vaihtosähkö ja veneen 12 V -tasasähköjärjestelmät eivät saa koskaan olla yhteydessä toisiinsa. Valitettavasti tätä ei välttämättä voi helposti todeta, koska sähkölaitteessa yhteys saattaa muodostua maadoitusratkaisujen kautta.

Nykymääräysten mukaan suojamaa liitetään maissa järjestelmään pääkeskuksessa. 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.

Sukopistokkeessa nollasta ja vaiheesta ei voi olla varma, koska pistoke sopii molemmin päin. Tällä on merkitystä, kun veneissä käytetään sähkölaitteita, jolloin yksittäisten sähkölaitteiden välille veneen sisällä ja naapuriveneissä saattaa muodostua suuriakin potentiaalieroja. Jos maasähköjärjestelmässä on polarisaatiovaroitusvalo, joka syttyy kytkettäessä vene maasähköön, sukopistoke on käännettävä toisinpäin!

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



tannuksella. Tämä saattaa olla havaittavissa vedenalaisten osien suojaamiseen tarkoitettujen anodioiden nopeana kulumisena.

Jos veneen kaikki 230 V laitteet ovat kaksoiseristettyjä, on järjestelmä kelluva, eikä se ole mistään kohdin yhteydessä veneen tasavirtajärjestelmään. Lisäksi jos kaikissa veneissä käytetään maasähkön syöttöön vain CEE-pistokkeita, vuotovirran mahdollisuutta tätä kautta voidaan merkittävästi ehkäistä.

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

### Kosteuden poistaminen

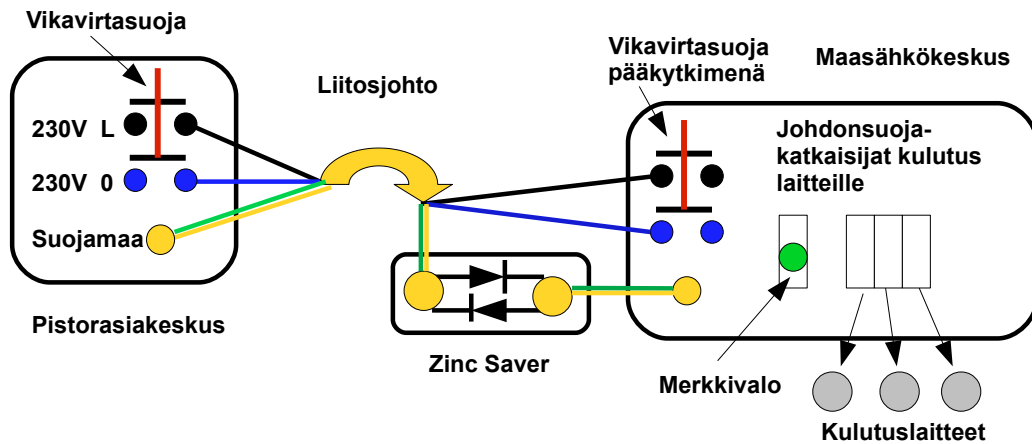
Sähkölaiteissa on syytä käyttää vain sellaisia metalleja, jotka ovat korkealla jännitesarjassa. Ne ovat silloin lähtökohtaisesti hyvin suojattuja, mutta suolaisessa ja kosteassa ympäristössä se ei välttämättä riitä. Suoja-spray auttaa usein pitämään kosteuden pois sähkölaiteista. Vuotovirtoja voi syntyä sinne, mihin kerääntyy suolaa. Suola varastoi kosteutta ja voi tulla sen verran johtavaksi, että pieniä virtoja kulkee sinne, minne ei pitäisi.

On erityisen tärkeää suojata kosteudelta ulkona olevat mittarit, valot ja muut sähkölaitteet. Myös moottoritulassa on voimakkaasti vaihteleva lämpötila, joka aiheuttaa helposti kondensoitumista, joka yhdessä suolan kanssa voi aiheuttaa korroosiota. Suojaus on siksi tärkeää myös moottoritulassa. Veneen tuuletusratkaisulla voidaan myös vähentää merkittävästi korroosioherkkyyttä veneen sisä- ja moottoritulassa.

### Galvaaninen eristin- eli "Zinc Saver"

Yksi tapa ainakin vähentää galvaanista korroosiota mahdollisen maadoituskytkennän kautta on käyttää galvaanista eristintä. Veneen muun sähköjärjestelmän vuotovirtojen takia korroosiota ei voida kokonaan estää. Tehokkaampi ratkaisu on suojaerotusmuuntaja, jonka käytöstä tarkemmin luvussa Sähköjärjestelmien erottaminen, sivu 44.

Zinc Saver kytketään veneessä syöttävän suojamaadoitusjohdon kanssa sarjaan. Zinc Saver muodostuu periaatteessa toisiaan vastaan rinnankytketyistä diodeista. Ne päästävät silloin virran lävitseen, riippumatta siitä, mihin suuntaan virta kulkee. Diodit on valittu siten, että ne aiheuttavat vähintään 0,7 V jännitehäviön, mikä periaatteessa estää galvaanisen korroosion. Zinc Saver ei vaikuta sataman maasähköjärjestelmän vikasuojauksen toimintaan.



4.6. Vikavirtasuojan ja galvaanisen eristimen kytkentä.

# 5.

## ASENNUSVINKKEJÄ JA VIANETSINTÄ

Tässä osiossa käsitellään muutamia tärkeitä venesähköjen asennukseen liittyviä asioita sekä esitellään yksinkertaisia ohjeita tasasähköjärjestelmän vikojen paikantamiseen.

### 5.1. AKUT

#### Akkujen asentaminen

Akut on asennettava tukevasti paikalleen ja nesteakut on sijoitettava nestetiiviiseen laatikkoon. Kotelo tulisi varustaa kannella estämään veden pääsy akuille. Mikäli käytössä on lyijyhappoakut, kotelosta olisi hyvä johtaa ylöspäin suuntautuva tuuletusputki ulkotiloihin. Pysyvästi auki oleva tuuletuslinja akkukotelolta ulos johtaa latauksen aikana mahdollisesti syntyvän vedyn turvallisesti ulos.

Johtokytkennoissä kannattaa pyrkiä vain yhden johtimen liittämiseen akkukenkään. Esim. miinusjohtimet kannattaa koota miinuskiskolle, josta tuodaan yksi johdin akkukengälle. Virtashunttia käytettäessä tämä onkin ainoa vaihtoehto. Akkukengän kiristysruuvi ei ole tarkoitettu johtimen liittämiseen.

#### Akkujen vioista

Lyijyhappoakuissa esiintyy tyypillisesti kolmea eri vikaa: kennojen sulfatoituminen, ikääntyminen ja kenno-oikosulku. Litiumioniakuilla tyypilliset viat liittyvät yleensä niiden ohjeiden vastaiseen asennukseen tai käyttöön.

### 5.2. LYIJYHAPPOAKUT

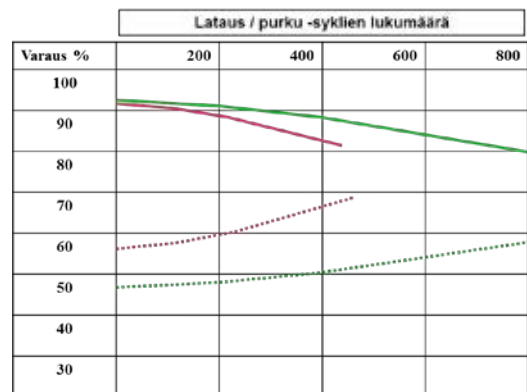
#### Kennojen sulfatoituminen

Akun kennot sulfatoituvat, kun akku on osittaisessa vajaalatauksessa tai syväpurettu ja jätetty varaamatta pidemmäksi ajaksi. Erityisesti nesteakut ovat alttiita sulfatoitumiselle. 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 määrästä. Tähän vaikuttaa akun tyyppi ja rakenne. Nesteakku kestää muutama sata sykliä, litiumioniakku tuhansia. Nesteakuilla syynä voi olla sekä kennojen osittainen sulfatoituminen että aktiivisen massan irtoaminen kennon rungosta. Irronnut aktiivinen massa kertyy akkukennon pohjalle tai suoja-pusseihin, eikä sitä saada palautettua kennoille lataamalla. Laboratorio-olosuhteissa on havaittu, että lyijyhappoakku, josta ei oteta virtaa ja joka on ylläpitolatauksessa, menettää joka tapauksessa noin kolme prosenttia kapasiteetistaan vuosittain.

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



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

Akun ikääntymiselle on tunnusomaista, että akku näyttää esim. volttimittarilla täydeltä, mutta jännite romahtaa nopeasti käytön myötä. Käynnistysakun ikääntymisen voi helposti todeta rasituskokeella:

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

Uudemmissa moottoreissa on viisainta käyttää akun purkukykyä mittaavaa mittaria, esimerkiksi hilipakkatesteriä ohjeiden mukaan, koska koneen käynnistymisen estäminen kotikonstein voi olla jopa vahingollista.

Käyttöakun kapasiteetin aleneminen ilmenee käyttöajan lyhentymisenä esimerkiksi:

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

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

**5.2. Akun ikääntymisen vaikutus käytettävissä olevaan akkukapasiteettiin.**

Kun akut ikääntyvät, tulee aina kaikki samaan akustoon kuuluvat sulfatituneet ja ikääntyneet akut vaihtaa. Jos vaihdetaan vain yksi uuteen, eroaa sen kemia täysin muista ja lopputuloksena on kaikkien akkujen ennenaikainen ikääntyminen tai pahimmillaan vahingoittuminen. Tilapäisesti voi kytkeä rinnan hiukan erilaisia lyijyhappoakkuja, jotta päästään takaisin kotisatamaan.

## Kenno-oikosulku

Joskus syntyy tilanne, jossa yksi akun kennoista menee ns. sisäiseen oikosulkuun. Tyypillisesti aktiivista massaa on irronnut riittävästi ja se yhdistää vierekkäiset plus- ja miinuslevyt toisiinsa. 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. Silloin lataus pitää lopettaa, viallinen akku löytää ja kytkeä irti:

- käännä pääkytkimet OFF-asentoon
- irrota miinuskaapelit kaikkien akkujen miinusnavoista
- mittaa yleismittarilla jännitelukemat kultakin akulta plus- ja miinusnapojen välistä.
- jos jännite on n. 12 V – akku on vielä ok
- jos jännite on n 10,5 V – akku on lopullisesti rikki.

Viallista akkua ei saa enää kytkeä mukaan akkupiiriin.

Jos käyttöakkuja on useampi ja vika on yhdessä niistä, voi muiden avulla jatkaa matkaa, kun jättää viallisen akun miinuskengän irti akusta ja huolehtii siitä, ettei se pääsen koskettamaan muiden akkujen napoja. On kuitenkin syytä tehdä lopuillekin akuille rasiustestit, jotta tiedetään etteivät ne ole vahingoittuneita. Jos vioittunut akku on melko uusi ja rasiustesti kertoo muiden saman ikäisten akkujen olevan kunnossa, voi riittää vain vioittuneen akun vaihtaminen samanlaiseen.

## Litiumioniakkujen viat

Myös litiumioniakut ikääntyvät käytössä. Litiumioniakulla lataus-purku-syklien määrä on tuhansia ja ne sietävät vajaa latauksessa säilytystä ilman kapasiteetin menetystä. Korkeat säilytys-, käyttö- ja latauslämpötilat nopeuttavat ikääntymistä. Väärä latausohjelma on sekä vaarallista että saattaa tuhota akun yhdellä kertaa.

Vaikka LiFePo4 ovatkin turvallisempia ja vähemmän herkkiä syttymään, on syytä muistaa kaikkien litiumakkujen ongelma: Syttyneen litiumakun saa sammumaan vain käytännössä upottamalla ne kokonaan suureen määrän vettä, jotta kennojen lämpöryntäminen saadaan pysäytettyä. Lisäksi tulee muistaa kaikkien litiumakkujen savu- ja palo-kaasujen olevan erittäin vaarallisia hengitettynä. On hyvä pitää tämä mielessä, kun lataa esim. läppäreitä, tabletteja ja kännyköitä.

Akun lataamatta jättäminen voi myös tuhota akun, kun valvontaelektroniikka on katkaissut virran syötön ulos. Valvontaelektroniikka kuluttaa edelleen virtaa ja tyhjentää akun lopullisesti. Akku on todennäköisesti menetetty ja sen elvyttäminen on vaikeaa ja vaarallista.

## 5.3. 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 varusteita on suhteessa sen ajan 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 dieselmoottoritkaan eivät toimi ilman sähköä.

## Moottorin- ja maasähkölaturin koko

Tarkastelun lähtökohtana on oheinen taulukko:

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

|                          | Kpl | Teho W/ Virta A | 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   | 10 W / 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                  |
| Lämmityslaite            | 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                  |
| <b>Yhteensä</b>          |     |                 | <b>33 A</b>                   | <b>21,5 A</b>          |

5.3. Esimerkki veneen käyttölaitteiden virrankulutuksesta. Jääkaapin virrankulutuksessa ajatellaan, että käyntiaika on 50 %. Käyntiaikaan vaikuttaa jääkaapin lauhdutuksen tehokkuus.

|                                  | Max Lataus virta A | Moottorin virrankulutus A | Kulutettu virta perint. tekn. | Kulutettu virta uusi tekn. | Akkujen lataukseen perint. tekn. | Akkujen lataukseen uusi tekn. |
|----------------------------------|--------------------|---------------------------|-------------------------------|----------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| <b>Moottorin generaattori 1)</b> |                    |                           |                               |                            |                                  |                               |
| perinteinen tekniikka            | 110 A              | 15 A                      | 33 A                          |                            | 62 A                             |                               |
| uusi tekniikka                   | 110 A              | 15 A                      |                               | 21,5 A                     | 73,5 A                           |                               |
| <b>Maasähkölaturi 2)</b>         |                    |                           |                               |                            |                                  |                               |
| perinteinen tekniikka            | 40 A               |                           | 33 A                          |                            | 7 A                              |                               |
| uusi tekniikka                   | 40 A               |                           |                               | 21,5 A                     |                                  | 18,5 A                        |

5.4. Latauksen riittävyys eri vaihtoehdoissa:

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.

## Latausjännite

Erityyppiset akut lataantuvat eri tavalla; latautumisvirta ja -jännite ovat ko. akkutyypille ominaisia. Samoin täyden akun katkaisujännite on ko. akkutyypille ominaista. Mikäli täyden akun katkaisujännitettä ei saavuteta jää akku vajaalataukseen.

Käytännössä kaikki moottoreiden mukana toimitetut laturit on tarkoitettu lyijyhappo-tyyppisen käynnistysakun lataamiseen.

Kun latausjännite ei akun navoilla nouse riittävän korkealle, syynä voi olla:

- laturin antama jännite on alhainen
- johdinten läpimitta ja pituus suhteessa niiden läpi kulkevaan virtaan on liian pieni
- akkukaapeleiden pituus
- mistä laturi mittaa ohjausjännitteen
- liian pieni laturi suhteessa akustoon ja kulutukseen.

Huomaa, että 0,2 V erolla on merkitystä.

Laturissa jännitteen laskun syynä voi olla hiilien ja niiden vastepinnan kuluneisuus, lika, huonot kontaktit, tms. Varmoin tapa selvittää asia, on viedä laturi ja säädin testattavaksi ja samalla teettää niille säätö ja huolto.

## Laturin johtimien poikkipinta-ala

Alla olevissa esimerkeissä 1. ja 2. oletetaan, että laturin plusjohdin on kytketty käynnistysmoottorin plusnapaan, josta lataus edelleen menee pääkytkimen kautta akulle n. 35-50 mm<sup>2</sup> johtimella. Mikäli laturin plusjohdin menisi esim. jakodiodille ja sieltä edelleen akuille, vaatisi esimerkiksi 25 mm<sup>2</sup> johtimen johtuen kasvaneesta johdinten pituudesta.

Esimerkki 1:

- laturin max. virta 50 A = 13,7 V x 50 A = 685 W
- johdinten yhteispituus 1 m
- johdinten poikkipintaminimi 6 mm<sup>2</sup>; suositus 10 mm<sup>2</sup>.

Esimerkki 2:

- laturin max. virta 110 A = 13,7 V x 110 A = 1507 W
- johdinten yhteispituus 1 m
- johdinten poikkipintaminimi 25 mm<sup>2</sup>.

Erittäin merkittävä tekijä on liitosten ja liitinten huono kunto. Liittimet ja liitokset onkin syytä ajoittain puhdistaa. Kuparijohtimille on ominaista ajan ja värinän seurauksena kovettuminen, mikä johtaa yksittäisten säikeiden katkeamiseen. Näennäisesti kunnossa olevan johtimen poikkipinta pienenee tällöin merkittävästi.

## Akkukaapeleiden pituus

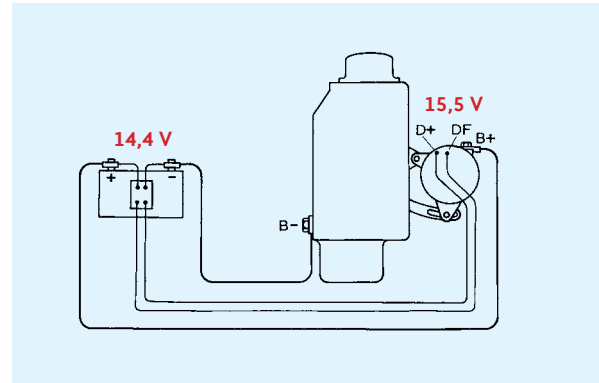
Akkukaapeleissa liikkuu veneiden suurimmat virrat. Kaapelit kannattaa pitää mahdollisimman lyhyinä. Jokaisella turhalla metrillä on vaikutusta jännitteeseen. Akkukaapeleiden poikkipinta (mm<sup>2</sup>) kannattaa aina mieluummin

ylimitoittaa, kun etäisyydet kasvavat. Jos etäisyydet käytettävyyden takia kasvavat (akulta pääkytkimelle ja edelleen moottorille), kannattaa harkita etäohjattavia pääkytkimiä, jolloin kaapelin pituudet eivät turhaan kasva.

## Ohjausjännitteen mittauspisteen siirto

Kun yllä kerrotut tarkastukset ja huoltotoimet on tehty, ja edelleen halutaan parantaa ohjausta vanhalla laturilla, voidaan harkita ohjausjännitteen 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 V. Jos laturista tulee 14,4 V, on jännite akun navoissa 13,2-13,9 V. Silloin akku ei koskaan lataudu täyteen. Parhaassa tapauksessa sisään saadaan vain kolme neljäsosaa kapasiteetista. 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 14,4 V akun navoissa.



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

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

## Muita tapoja tehostaa latausta

Latauksen tehostaja ja ohjelmoitava latauksen säädin Moottoreiden mukana olevia vakiolatureita ei ole tehty varsinaisesti veneiden erityistarpeita varten. Ne toimivat kohtuullisesti veneessä, mutta tarvittaessa toimintaa voidaan tehostaa ja optimoida.

Latauksen tehostaja asennetaan koneen laturin ja akuston väliin, jolloin laturilta tuleva virta kulkee tehostajan läpi akuille. Tehostaja valvoo akkujen varaustilannetta ja välittää laturille arvoja, joilla akkujen latausta saadaan tehostettua.

Optimointijärjestelmää käytettäessä moottorin laturin oma säädin kytketään irti, ja tilalle asennetaan PC:llä ohjelmoitava latauksen säädin. Tällöin säätimen latauskäyrä sovitetaan vastaamaan akun latautumiskäyrää. Mikäli akkutyypin vaihtuu, tulisi säädin ohjelmoida uudelleen. Näissä säätimissä on usein myös lämpötilakompensointi.

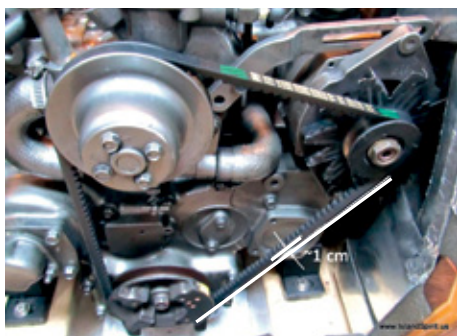
## Tehokkaampi laturi

Kun veneelle kertyy ikää ja sitä varustellaan lisää, saattavat akku- ja latauskapasiteetti loppua kesken. Kun akkukapasiteettiä kasvatetaan, tulee samalla suurentaa myös latauskapasiteettia. Esimerkiksi vaihdettaessa 63 A laturi 110 A laturiksi tehon tarve kasvaa alkuperäisestä:

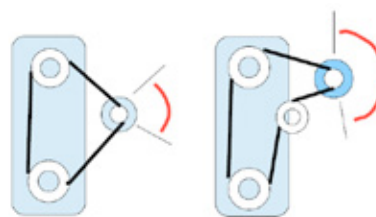
- $63 \text{ A} * 13,5 \text{ V} = 0,863 \text{ kW} = 1,2 \text{ hv}$
- $110 \text{ A} * 13,4 \text{ V} = 1,485 \text{ kW} = 2,0 \text{ hv}$

Nykyalatureiden 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. Esimerkin mukaisesti latausvirran kasvusta 63 A -> 110 A kaapelit on myös vaihdettava ainakin kaksi kertaa paksumpiin.

Erittäin tärkeää on myös huolehtia, että kiila- / moniurahihnassa on riittävä kitka suuremman laturin pyörittämiseen. Ylikiristäminen ei ole ratkaisu!



5.6. 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.



5.7. Laturin tehon kasvaessa on huolehdittava vetohihnan riittävästä kitkasta.

## Litiumioniakut ja moottorin laturi

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

Litiumioniakkujen nopea latautuminen perustuu siihen, että ne kykenevät ottamaan vastaan suurta virtaa esimerkiksi 50-90 A akku, mikäli laturi kykenee sen tuottamaan. Tämä tarkoittaa käytännössä:

- koneen laturin maksimilatausvirta 110 A
- litiumioniakusto  $2 \times 100 \text{ Ah} =$  käytettävissä oleva kapasiteetti 90 % = 180 Ah
- oletetaan, että käytettävissä oleva kapasiteetti on käytetty
- suurin akun latautusvirta on esimerkiksi 50 A / akku = yhteensä kahdelle akulle 100 A
- muu kulutus kulussa - kone, varusteet - 30 A
- akkujen lataamiseen jää  $110 \text{ A} - 30 \text{ A} = 80 \text{ A}$
- teoreettinen litiumioniakkujen latautumisaika täyteen  $180 \text{ Ah} / 80 \text{ A} = 2,5 \text{ h}$  (käytännössä 3-4 tuntia).

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

Järjestelmää voidaan parantaa kahdella tavalla:

- Säilytetään käytössä oleva laturi, mutta muutetaan akkujen latauspiiri käyttämään akusta-akkuun-laturia, jotta voidaan rajoittaa litiumioniakuille menevää latausvirtaa siten, ettei laturi ole ylikuormitustilassa. Tällä järjestelyllä litiumakkujen latausaika pitenee.
- Vaihdetaan suurteholaturi, joka on suunniteltu käymään suurella kuormalla pidempiä aikoja. Laturin virrantuoton tulisi ylittää kokonaistarve. Yllä olevassa esimerkissä akkujen maksimivaraustilalla on  $100 \text{ A} +$  varusteet ja kone  $30 \text{ A} = 130 \text{ A}$ , joka vaatii esimerkiksi 150 A laturin. Tässä vaihtoehdossa tulee kiinnittää erityistä huomiota mekaaniseen asennukseen: laturi saadaan tukevasti kiinni ja että vetohihnan vetokitka varmasti on riittävä. Katso kuva 5.7.

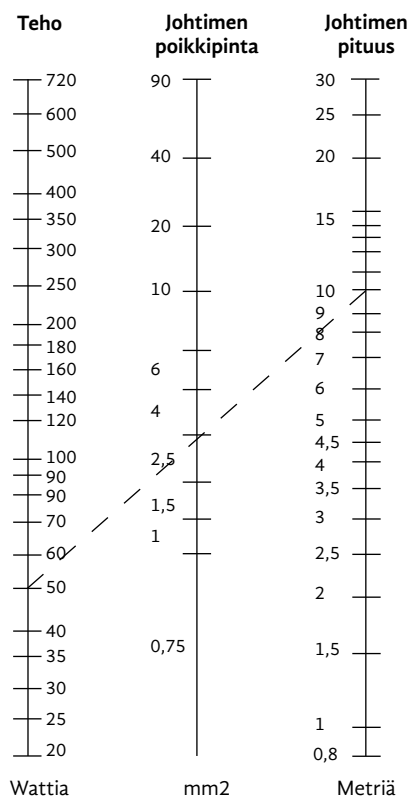
## 5.4. JOHTIMET, LIITOKSET JA NIIDEN ASENNUS

Veneen sähköjärjestelmää suunniteltaessa on huomioitava erilaisten veneiden ja niiden käytön asettamat vaatimukset. Oppaan takana on kaksi esimerkinomaista kytkentäkaaviota.

### Syöttövirta, johtimen poikkipinta-ala

Jotkin laitteet käyttävät toimiessaan merkittävästi enemmän virtaa kuin ollessaan valmiustilassa. VHF käyttää paljon sähköä lähetystilassa isolla teholla (25 W) ja sen kantama ja kuuluvuus heikkenee oleellisesti, jos jännite on huono. Siksi on hyvä viedä VHF:lle vähintään 6 mm<sup>2</sup> johto, etenkin jos etäisyys on pitkä. Jos akkujen varaus on alhainen ja tilanne vaatii suurta tehoa, kannattaa käynnistää kone riittävän virran saannin varmistamiseksi.

Vaikka automaattiohjaus kevyellä kelillä vie suhteellisen vähän virtaa, niin raskaissa olosuhteissa tilanne muuttuu oleellisesti. Virransyöttö pitää mitoittaa autopilotin maksimikuormalle, mikä saattaa vaatia virtaa 40-60 A. Kytinpaneelin kytkimet eivät yleensä kestä tällaisia virtoja, joten kytkimellä ohjataan relettä, minkä läpi varsinainen autopilotin syöttövirta menee. Tarvittavien johtojen poikkipinta-alat selviävät oheisesta johdinmonogrammista.



5.8. Johdinmonogrammi.

Oheinen monogrammi 5.8. 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 mm<sup>2</sup> paksuinen johdin siirtämään 50 wattia 10 metriä. Huomaa, johtimen pituudeksi pitää laskea plus- ja miinusjohtimen yhteenlaskettu pituus, koska virran pitää kulkea laitteeseen ja takaisin.

Kun mitoitetaan veneen sähköjärjestelmän johdotuksia tietämättä varmuudella käyttöön tulevien sähkölaitteiden tehoja, voidaan käyttää seuraavaa nyrkkisääntöä enintään noin 10 m veneissä:

- 1,5 mm<sup>2</sup> johtimet tai kaapelit / 10 A esimerkiksi valaistukseen
- 2,5 mm<sup>2</sup> johtimet tai kaapelit / 16 A muut laitteet

Pidemmät johtovedot voivat aiheuttaa kaapelin päässä liian suuria jännitteenalennuksia, jolloin laitteet eivät välttämättä toimi. Silloin on käytettävä paksumpia johtimia.

Veneen lämmittimet, autopilotit ja keula- tai peräohjailupotkurit vaativat käytännössä aina paksumpia johdinpoikkipintoja ja niiden johdotuksissa on tukeuduttava valmistajan ohjeisiin.

### Johdotuksen suunnittelu ja asennus

Veneen sähköjärjestelmällä on rajallinen tarkoituksenmukainen käyttöikä. Hyvin suunnitellun ja laadukkailla materiaaleilla toteutetun järjestelmän käyttöikä voi olla kymmeniä vuosia. Aika ja olosuhteet tekevät kuitenkin tehtävänsä. Toisaalta tarpeet, mitä laitteita veneessä on, muuttuvat ja lisääntyvät, jolloin alkuperäisen järjestelmän suorituskyky, laajennettavuus tai liitettävyyys ei riitä. Silloin on aika tehdä sähköjärjestelmän peruskorjaus.

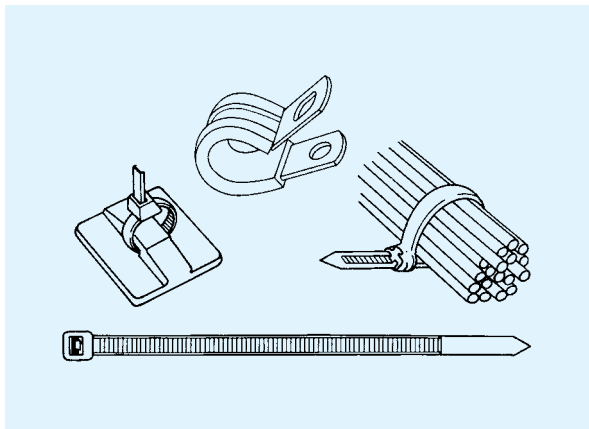
Johtimet eivät ole ikuisesti vesitiiviitä ja monisäikeiset johtimet ovat hyviä kapillaarikanavia kosteudelle. Johtimet kannattaa vetää siten, etteivät ne jatkuvasti ole vedessä, pilssiin asennusta tulee välttää. Kannen ja rungon kulma tai kajuutan katto eivät altista johtimia vedelle samalla tavalla kuin esimerkiksi pilssi.

Kun yksittäiselle suojausluokan II-laitteelle tai valaisimelle vedetään syöttökaapeli, on hyvä käyttää kaksoiseristettyä parikaapelia. Tällaisessa kaapelissa on värikoodatut – usein keltainen ja punainen – virtajohdot, ja niiden ympärille erillinen yhteinen suojaakuori. Johto on mekaanisesti luja ja kulutusta kestävä.

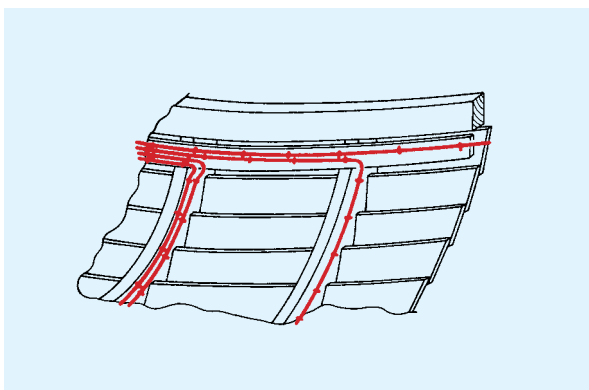
Mikäli johtoja vedetään enemmän, voidaan johtonippu tehdä yksittäisistä johdoista (plus- ja miinuskaapeleita pareittain) ja pujottaa ne johdonsuojasukkaan. Mikäli johtonippu altistuu vedelle, kannattaa johdonsuojasukaksi valita vedenpitävä muovisukka. Johtonipun yksittäiset johdot kannattaa merkitä ennen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

Käytännössä veneen johdotuksessa ei alle 1,5 mm<sup>2</sup> johtoa kannata käyttää missään, vaikka laitteen virran tarve olisi-kin 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.



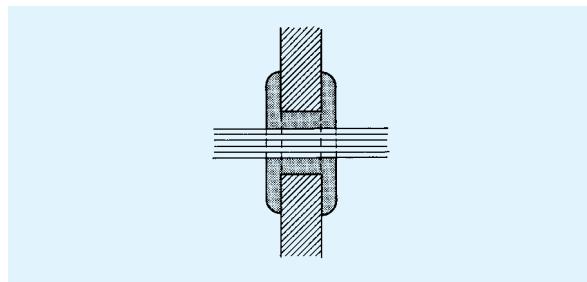
5.9. Johtojen kiinnitykseen tarkoitettuja nippusiteitä ja eristetty klemmari.



5.10. Siististi kiinnikkeillä toteutettu johdotus veneen laidalla.

Johdot kiinnitetään rakenteisiin tasavälein. Hyvä nyrkisääntö on noin 20 cm kiinnikkeiden välillä. Irralliset johdot tulee sitoa toisiinsa siten, että niistä tulee jäykkä ja tiivis nippu. Nippua tehdessä kannattaa muistaa, että yksittäisen johdon voi joskus joutua myös vaihtamaan.

Aina kun johto menee laipion läpi, se pitää suojata hankautumiselta ja teräviltä reunoilta. Kannattaa käyttää kumisia läpivientejä (autotarvike) tai polyuretaania, kun johdot ovat paikoillaan.



5.11. Johdon läpivientikumi kuivan tilan laipiossa.

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

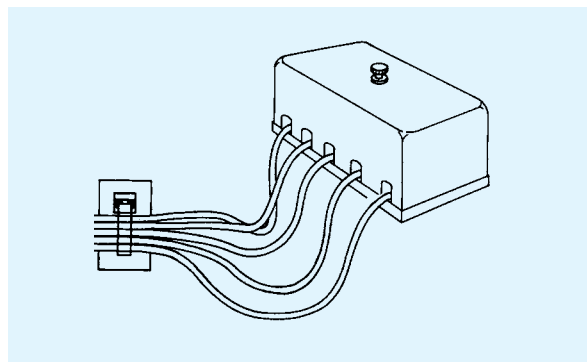
Johtoihin kannattaa aina jättää hiukan ylimääräistä pituutta. Huoltovara antaa mahdollisuuden kuoria ja vaihtaa kytkentää tarvittaessa joitakin kertoja.

## 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. Merkit kannattaa sijoittaa pienen matkan päähän johdon päästä, siten etteivät merkinnät turmellu, kun kytkentöihin ruiskutetaan suoja-aineita. Tällainen liuska pysyy kunnossa vuosikausia ja sen voi helposti vaihtaa, jos kytkentöjä muutetaan.

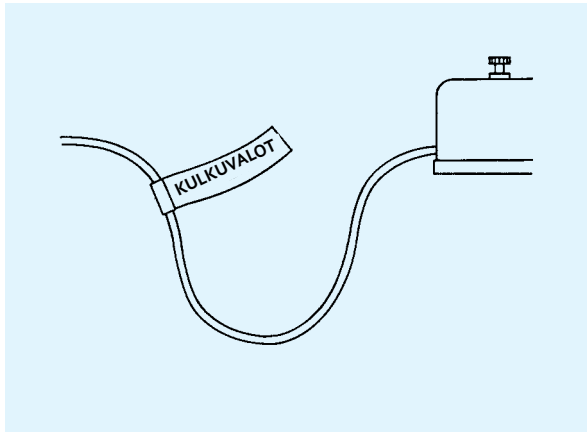
Tavallinen eristysnauha erilaisine väreineen ei ole hyvä merkintään, koska sen liima liukenee ja teippi irtoaa. Sen sijaan voi käyttää maalarinteipistä tehtyjä liuskoja, jotka kiinnitetään joka johtoon siten, että niihin voi kirjoittaa.

Tarrakirjoittimien teipit kaksin kerroin puristettuina, liimapinnat vastakkain, kestävät myös johdoissa. Johdot voi merkitä myös niihin pujotettavilla erivärisillä muovisukilla tai sähköliikkeestä saatavilla numeronauhoilla. Johtojen merkintään löytyy myös erikoistarvikkeita, joita voi hankkia sähköliikkeistä. Myös sulakerasiat tulee merkitä, mille laitteelle ja johdolle kukin sulake on.

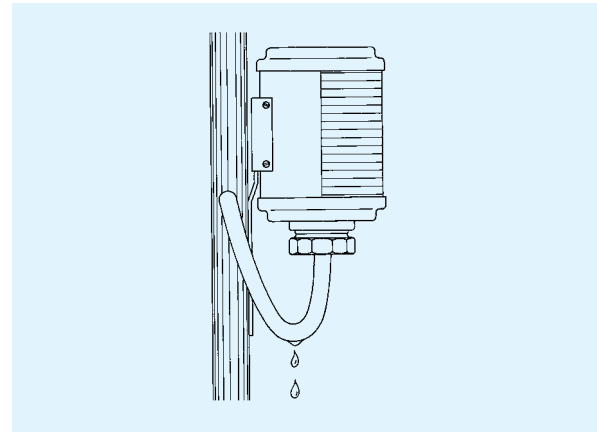


5.12. Perinteinen kytkentärasia.





5.13. Johdot voi merkitä joko numeroilla tai selkeillä teksteillä.



5.15. Kulkuvalon johtimessa on ns. vesilenkki.

#### 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 | Stereo        | Sin 4   |

5.14. Merkinnot sulakerasioissa.

## Ulos asennetut johdot

Ulos asennettavat sähkövarusteet, esimerkiksi valot, pitää asentaa siten että estetään veden pääsy laitteeseen. Johdot tulee viedä ulkona oleviin valaisimiin ja laitteisiin sisään alapuolelta. Johtoon tulee lisäksi jättää lenkki, jotta vettä ei pääse valaisimeen tai mittariin johtoa pitkin.

Johdon vesilenkki tiputtaa vesinoron irti kaapelista ennen kuin se menee laipion läpi. Laitteeseen kondensoitunut vesi tulee johtaa pois laitteesta avattavan kondenssivesireiän kautta.

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

## Starttimoottorin johto

Moottori on asennettu paikalleen joustavasti. Kumityynyjen päällä oleva moottori värähtelee käydessään ja heilauttaa käynnistettäessä ja pysäytettäessä. Tavallinen virhe on viedä pääplussajohto suoraan laipion läpi starttimoottorille. Tästä seuraa, että johto tärinässä taipuessaan saattaa murtua kaapelikengän tai laipion läpiviennin kohdalta. Starttikaapeli tulee kiinnittää moottoriin käyttäen kumisuojattuja klemmareita.

## Liitoksista

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

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

## Veneessä käytetään puristusliitoksia

Sähkö- ja autotarvikeliikkeissä on tarjolla erilaisia puristusliitoksiin soveltuvia kaapelikenkiä ja jatkohylsyjä. Saatavilla on myös valmiita sarjoja, jotka sisältävät laattaliittimiä, haaritusliittimiä, haarukkaliittimiä, pyöreitä liittimiä, rengaskaapelikenkiä, jatkohylsyjä, jne. Lisäksi tarvitaan asianmukaiset puristuspihdit. Liitinsarjojen mukana tulevilla edullisilla pihdeillä on haastavaa saada kestäviä liitoksia.

Momenttipihdeillä kunnollinen puristusliitos syntyy helposti. Tällaisilla pihdeillä syntyy ohjattu muodonmuutos 75 %:iin, eivätkä pihdit aukea, ennen kuin paine on oikea. Kuvien 5.16. ja 5.17. tyyppisiä pihtejä tarvitaan mm. akkukaapeleiden päätteiden puristamiseen.

Ilman eristystä olevat liittimet, jotka työnnetään erilliseen liitunrunkoon, vaativat omat erikoispihtinsä.

## Kaapelikengät

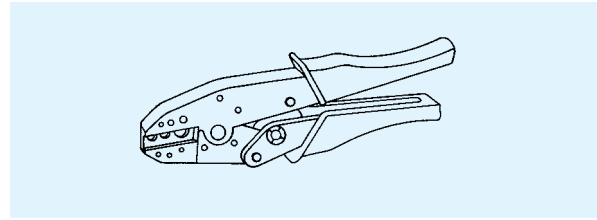
Puristettavalla kaapelikengällä on monia etuja. Niillä on värikoodi poikkipinnan mukaan: 1,5 mm<sup>2</sup> on punainen, 2,5 mm<sup>2</sup> sininen ja 6 mm<sup>2</sup> keltainen. Lisäksi liittimet voivat olla eristämättömiä tai muovieristyksellä varustettuja. Joissakin liittimissä eristekerros on lämmöllä kutistettava. Suuresta valikoimasta on helppoa löytää juuri se, mitä tarvitsee.

Korroosiosuojausta voidaan parantaa suihkuttamalla korroosiosuoja-ainetta liittimiin ennen niiden kytkemistä (esimerkiksi crc- tai wd-tyyppisillä aineilla).

## 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 mm<sup>2</sup>) kuorimiseen mieluiten oikeita kuorimapihtejä. Niitä löytyy useimmista sähkö- ja autotarvikeliikkeistä. Ensin mitataan, kuinka pitkästi eristettä pitää poistaa (miehellään muutama millimetri liikaa kuin liian vähän). Seuraavaksi asetetaan johdin kuorimapihdin johtimen poikkipintaa vastaavaan kuorintakoloon, puristetaan pihtejä ja vedetään eriste pois.

Paksumpia kaapeleita (8-150 mm<sup>2</sup>) varten tarvitaan veitsi (kuva 5.21.). Työ aloitetaan mittaamalla kaapelikengään tarvittava johdinpituus ja tekemällä sen mukaan 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 ja tuloksena on pienentynyt poikkipinta. Ei siis kannata leikata aivan kupariin asti, vaan antaa pihtien hoitaa loput. Kun poistettavan eristeen pituus on mitattu tarkasti, on kuorittu johtimen pituus oikea eikä liitoksesta jää näkyviin paljasta kuparia.



5.16. Momenttipihdeillä syntyy aina samanlainen puristusliitos, eivätkä pihtien leuat riko eristettä.



5.17. Paksumpia kaapeleita (6–50 mm<sup>2</sup>) varten tarkoitetut käsikäyttöiset puristuspihdit.



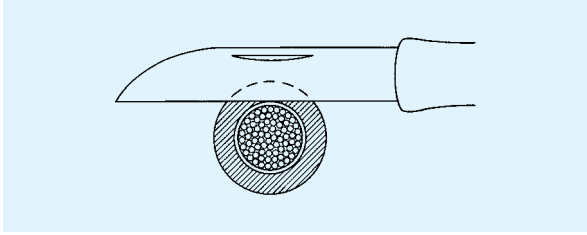
5.18. Hydrauliset puristuspihdit.



5.19. Erilaisia kaapelikenkiä.



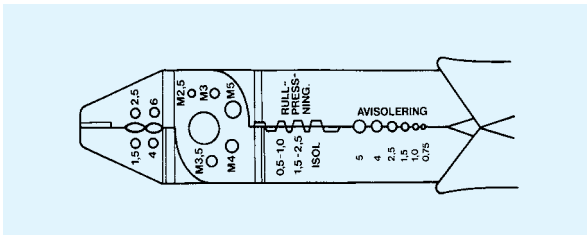
5.20. Eristeiden kuorimiseen tarkoitetut kuorimapihdit eivät vaurioita kaapelia.



5.21. Eristettä veitsellä poistettaessa on varottava, etteivät kaapelin säikeet vahingoitu.

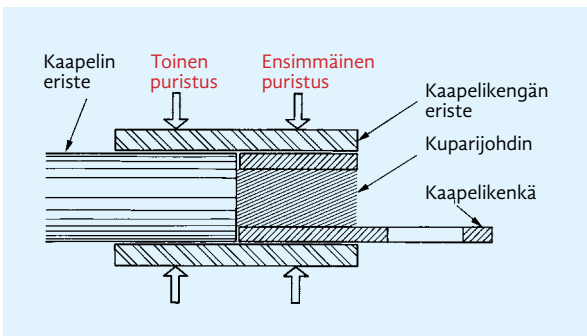
## Hyvä puristusliitos

Pienillä johdinpoikkipinnoilla kaapelikengän kytkentähylsyn (esimerkiksi abiko-liittimet) päällä oleva eristys työntyy muutaman millimetrin kytkentähylsyn ulkoreunan 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.



5.22. Yksinkertaiset puristusliitospihdit.

Liitinsarjojen mukana tulevilla kuvan 5.22. mukaisilla edullisilla yksinkertaisilla puristusliitospihdeillä voi myös kuoria ohuempia johtoja. Kuvan pihdeillä tehdään ensin puristus hylsyn päältä siten, että se muuttaa 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. momenttipihdit tekevät nämä molemmat vaiheet yhdellä puristuksella.



5.23. Oikein tehty kaapelin kuorinta ja kaapelikengän puristuskohdat.

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.

Kun puristusliitos on tehty oikein, tuloksena on pysyvä ja toimiva liitos, joka vastaa myös johdon poikkipintaa. Jos halutaan täydellistä tulosta, kaapelikengään ruiskutetaan vielä korroosionestoainetta.

## 5.5. SULAKKEET, LAITESULAKKEET JA KYTKIMET

Kaikki johtimet tulee varustaa sulakkeella. Sulakkeet tulee asentaa johtimen lähtöpäähän eli sinne mistä niihin syötetään virta; tyypillisesti tasavirtajärjestelmän sähköpääkeskukseen. Sulakkeiden koko määräytyy johtimen poikkipinta-alan mukaan esimerkiksi:

- 1,5 mm<sup>2</sup> johtimiin maksimi sulakekoko on 10 A
- 2,5 mm<sup>2</sup> johtimiin maksimi sulakekoko on 16 A

Sulakkeen pitää aina suojata johdinta, mutta se voidaan mitoittaa suojelemaan laitetta (esim. VHF-puhelin), mikäli sen virran tarve on pienempi kuin johtimen suurin sallittu. Sulakkeen pitää olla heikoin lenkki ketjussa. Sen pitää ensimmäisenä palaa tai automaattisulakkeen laueta ja katkaista virtapiiri. Virtapiiri tai laite, jota ylikuormitetaan, lämpenee, ja johdot ja/tai laite saattavat vahingoittua ja lopulta syttyä palamaan. Sulakkeet palavat tai laukeavat kolmesta syystä:

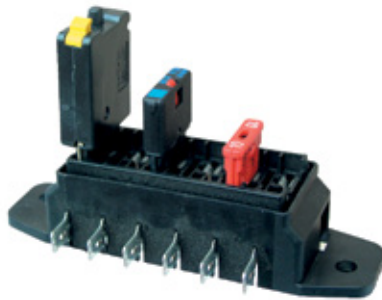
1. Sulakkeen ylikuormituksen takia johdinta suojaava sulake palaa -> johtimeen on kytketty liikaa kuormaa -> kuormaa pitää vähentää -> jaa kuorma useammalle johtimelle, joilla kullakin on omat sulakkeensa.
2. Johtimeen kytketyssä laitteessa on vika (esimerkiksi oikosulku) ja sulake palaa -> vaihda laite.
3. Johtimeen kytketty laite vaatii enemmän virtaa kuin johdinta suojaava sulake kestää -> vaihda johdin ja sulake vastaamaan laitteen vaatimuksia.

Palanut tai laennut sulake on merkki siitä, että jotain on vialla. Pelkästään suuremman sulakkeen vaihto ilman johtimen paksuntamista ongelman ratkaisuksi 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 sulakkeelle, ettei koko vene pimene kerralla. Pääsulakkeita lukuun ottamatta sulakkeita ei pidä sijoittaa moottori- tai akkutilaan.



5.24. Kaksi eri riviliitinvaihtoehtoa. Vasemmalla on myös lattasulakkeet ja sulakkeiden palamista ilmaisevat ledit.



5.25. Kuvassa vasemmalla kaksi erilaista automaattisulaketta ja oikealla perinteinen lattasulake.



5.26. Tyypillinen pienen veneen kymmenellä lattasulakkeella varustettu sulakerasia.



5.27. Kuvan kytkintaulun kytkimet ovat samalla automaattisulakkeita.

## Sulaketyypit

Venekäyttöön sopivat nykyiset autojen laattasulakkeet, joissa värikoodi ilmaisee koon. Nykyisin on myös saatavilla laattasulakkeen pesään sopivia palautettavia automaattisulakkeita tai merkkivalolla vianilmaisevia laattasulakkeita.

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. Laitteiden sisäiset sulakkeet kuitenkin usein ovat tällaisia.

## Automaattisulakkeet

Venekäyttöön on saatavilla lukuisia hyviä automaattisulakkeita ja johdonsuojakatkaisimia. Kun veneeseen tehdään uutta asennusta tai uusitaan perusteellisesti vanhaa, kannattaa ostaa tai tehdä täydellinen automaattisulakkeilla varustettu sähkökeskus. Johdonsuojakatkaisijat tulee kuitenkin olla tasasähkökäyttöön tarkoitettuja.

## Sulakerasiaa koskevat nyrkkisäännöt:

- Sulakerasia pitää sijoittaa mahdollisimman kuivaan paikkaan
- Sulakerasiaan pitää helposti päästä vaihtamaan sulake ja tekemään tarkastuksia
- Sulakerasian kytkennät on hyvä ruiskuttaa kosteutta poistavalla sprayllä.

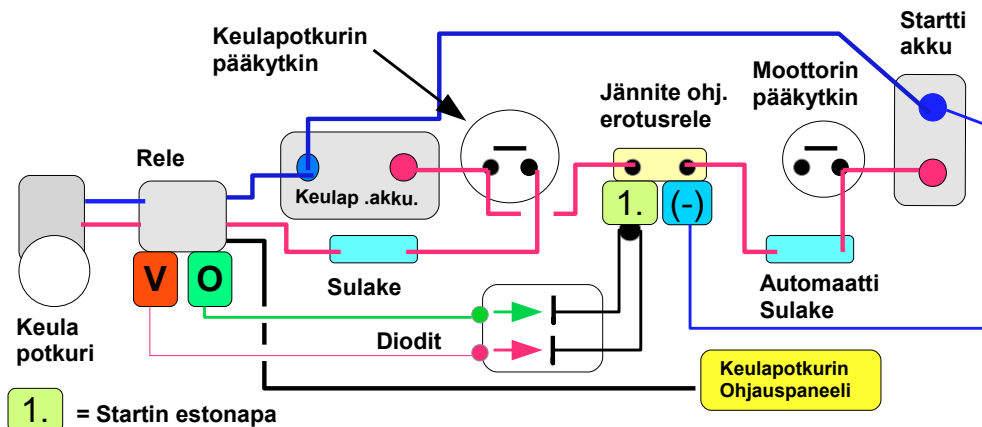
Viimeksi mainittu koskee kaikkia muitakin sähköisiä liitoksia kuten kytkimiä, päätteitä, kytkinrimoja, lampputta jne. Suihkaus korroosiosuoja-ainetta säännöllisesti kausihuollon yhteydessä ratkaisee useimmat sähköongelmat jo etukäteen.

Venekäyttöön sopivia valmiita sulakerasioita löytyy useimmista venetarvikeliikkeistä. Uutuutena ovat lattasulakkeilla varustetut riviliitintimet, joissa on sulakkeiden palamista ilmoittavat ledit.

## Releohjaus

Releohjausta käytetään, kun varsinainen työvirta on niin suuri, ettei katkaisija kestä sitä (esimerkiksi keulapotkuri, ankkurivinssi) tai halutaan välttää johdotuksen turhan pituuden aiheuttamaa jännitehäviötä (esimerkiksi kulkuvalojen, kansivalon hallitseminen ulkoa). Ankkurivinssille menevä johto voi 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 mm<sup>2</sup> poikkipintaista kaapelia.



5.28. Erillisellä akulla olevan tehokkaan keulapotkurin ohjauksen ja latauksen kytkentä.

Erillisen akun latausjohdot tulee minimissään olla 25 mm<sup>2</sup>. Lisäakkuun kytketyt laitteet ottavat virtaa kaikista 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. Starttimoottorissa relettä nimitetään solenoidiksi. Solenoidi saattaa kytkennän lisäksi liikuttaa myös starttimoottorin hammaspyörää, jolla starttimoottorin pyöriminen siirretään moottorin vauhtipyörälle. Moottorissa on siksi kaksi piiriä: käyttöpiiri ja ohjauspiiri. Kun käännetään virta-avaimesta tai painetaan käynnistysnappulaa, käynnistys-solenoidi sulkeutuu ja yhdistää plussan suoraan akusta starttimoottoriin ja antaa sille käyttövirran. Isoilla moottoreilla saattaa solenoidin ohjauspiirillä olla lisäksi apurele, koska ohjauspiirin virrat ovat merkittäviä.

Jos starttimoottori ei lähde pyörimään:

- Jos avainta käännettäessä kuuluu releen naksahdus, niin ohjauspiiri on kunnossa
- Varmista kampiakselin päästä pyörittämällä, ettei moottori ole kokonaan jumissa. Tällöin syynä voi olla vesi jonkin männän päällä tai moottorin kiinnileikkaantumisen. Startin käyttö tässä tilanteessa rikkoo starttimoottorin. Tällöin on syytä pyytää paikalle ammattiapua.
- Volttimittarin voi myös kytkeä plusjohdon käynnistysreleen ohueen pluskaapeliin ja toisen johdon moottorin runkoon ja katsoa, näyttääkö mittari jännitettä, kun avainta kierretään. Jos rele tai apurele naksautti, mittarin pitäisi näyttää jännitettä jommankumman plusnavassa.
- Kun moottorin pääkytkin on ON-asennossa, pitää solenoidilla olevan paksun pluskaapelin ja moottorin rungon välillä olla jännite. Käynnistyssolenoidin tehtävä on kytkeä akulta tuleva käyttövirta starttimoottorille.

## Suoraan akkuun

Aiemmin laitevalmistajat suosivat tiettyjen laitteiden liittämistä suoraan akkuun mm. lämmityslaitteet, joissa oli puhallinmoottori. Yhtenä syynä oli puhallinmoottorin tuottama radiohäiriö ja kytkemällä se suoraan, akku toimii hyvänä häiriösuojana. Tästä ilmiöstä on päästy eroon nykyisten EMC-määräysten ansiosta, sivu 72.

Jotkin laitteet halutaan kuitenkin kytkeä ns. suoraan akkuun:

- lämmityslaitteet jälkijäähdytyksen varmistamiseksi
- varashälytyn
- kaasuhälytyn
- automaattinen pilssipumppu
- radion asemamuisti.

Tälle kokonaisuudelle tulee asentaa oma pääkytkin ja jokaisen virroitusta pitää varustaa omalla johdonsuoja- ja/tai laitesulakkeellaan.

## 5.6. KULUTUSLAITTEET

Monien uusien elektroniikkalaitteiden ja mm. LED-polttimoiden ja valaisinten käyttöjännite 9-30 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 ja kotikäyttöön tarkoitettujen muuntajalla sähköverkkoon liitettävien 12 V -LED-valaisimien osalta saattaa asia olla toisin. Esimerkiksi 12 V -taulu-tv:stä tulee tietää, onko se todellakin tasan 12 V jännitteellä toimiva vai sallii se akun latauksen aikaisen korkeamman jännitteen. Maasähköön liitettynä tai koneen generaattorin ladatessa akkuja jännite nousee yli 12 V. Tarvittaessa jännitteen voi vakioida 12 volttiin DC/DC-muuntimella.

## Valaisimet

Yksinkertainen tapa vähentää sähkönkulutusta on vaihtaa tavanomaiset valaisinpolttimot LED-polttimiin. Esimerkiksi:

- 10 W perinteinen poltтин 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. Lediien 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 ennistä valovoimaisempien ledien kehittyminen on mahdollistanut niiden yleistymisen myös erilaisissa valaistusratkaisuissa. Toistaiseksi ei ole löydetty suoraan valkoista valoa lähettävää materiaalia. Valkoinen ledi perustuu siniseen lediin, joka on päällystetty loisteaineella, 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 päin plus- ja miinusjohdot kytketään.

Parhaimpien valkoisten, kirkkaiden ledien hyötysuhde on hehkulamppuihin verrattuna moninkertainen. Lediien 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. Aiemmin ledien valovirta ei ole ollut kovin suuri, minkä 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 useita tuhansia 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-valaistusta voi kätevä veneilijä asentaa itsekin. Markkinoille on valmiita LED-polttimoita, joiden kannat sopivat suoraan vanhoihin valaisimiin, jolloin voi vaihtaa pelkät polttimot vähemmän sähköä kuluttaviin LED-polttimiin.

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.



5.29. Pintaliitosledeillä toteutettuja polttimoita.

Autopuolella kanta BAY15d on parkki/jarruvalopoltin, jossa miinus on lampun kannan kuorella ja parkki- ja jarruvalon plus kannan nastoilla. Vaikka BAY15d kannalla oleva LED-poltin sopii kulkuvalon lampunkantaan ei sitä voi käyttää, koska kulkuvalon valaisukulmia koskevat määräykset eivät enää täyty. Polttimoa voi käyttää ankurivalossa ja muuhun kuin kulkuvaloiksi tarkoitetuissa valaisimissa. Venetarvikeliikkeistä löytyy oikea kulkuvalopolttimo.

Kuiviin tiloihin tarkoitetut 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 kertoi myös kansantajuisesti, paljonko lamppu tuotti valoa. Oikeasti tämä lukema kertoo vain sen, kuinka paljon sähkötehoa lamppu kuluttaa palaessaan, sillä kaikki se teho, jota ei hehkulamppusta 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 -hehkulamppun valonvirta on noin 40-50 lm, jonka näkyvyys on yli 2 meripeninkulmaa.

Valotehokkuus puolestaan kertoo valonlähteestä 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 steradiaaneissa).

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

Meriteiden sääntöjen osan C 22 §:n mukaan veneiden kulkuvalojen tulee näkyä:

Alle 12 metrin alus:

|                                | tarvittava valovirta |
|--------------------------------|----------------------|
| <b>mastovalo 2 mpk</b>         | <b>40–50 lm</b>      |
| <b>sivuvalot 1 mpk</b>         | <b>20–40 lm</b>      |
| <b>perävalo 2 mpk</b>          | <b>40–50 lm</b>      |
| <b>maston huippuvalo 2 mpk</b> | <b>40–50 lm</b>      |

Yli 12 metrinen mutta alle 20 metrinen alus:

|                                | tarvittava valovirta |
|--------------------------------|----------------------|
| <b>mastovalo 3 mpk</b>         | <b>60–80 lm</b>      |
| <b>sivuvalot 2 mpk</b>         | <b>40–50 lm</b>      |
| <b>perävalo 2 mpk</b>          | <b>40–50 lm</b>      |
| <b>maston huippuvalo 2 mpk</b> | <b>40–50 lm</b>      |

Jos ledeillä toteutetun veneen kulkuvalon tulee kantaa 3 meripeninkulmaa, niin valovirran voimakkuus valolähteelle on:

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

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)**

Kulkuvaloissa käytettyjen LED-polttimoiden värilämpötilan tulisi olla noin 2700 K, sillä korkeampi värilämpötila muuttaa vihreän valon lähes siniseksi. Mikäli kulkuvalo on alun perin tarkoitettu hehkulampulle, sen optiset ominaisuudet muuttuvat LED-lampuilla oleellisesti eikä niitä siksi hyväksytä veneiden katsastuksessa.

Alun perin LED-tekniikkaan perustuvat kulkuvalot ovat täysin vesitiiviitä. Esimerkiksi tyypillisesti purjevereen keulavalona käytetty puna-vihreä-yhdistelmä sietää ajoittaisen upottamisen, kun keula menee aaltojen läpi.

## 5.7.

### MAADOITUS JA ANTENNIT

Elektroniikka- ja navigointilaitteiden asennusohjeissa puhutaan seuraavista käsitteistä; maa, common ground point, maadoituspiste tai miinus. Toisaalta moottorivalmistajat pyrkivät korroosion vähentämiseksi estämään moottorin ja esim. purjeverevetolaitteen välisen galvaanisen yhteyden. Samoin akselivetoisissa järjestelmissä käytetyt vakiokierrosnivel-akselistot katkaisevat moottorin ja potkuriakselin galvaanisen yhteyden. Tästä seuraa, ettei moottoria voida käyttää maadoituspisteenä, jotkut moottorivalmistajat nimenomaan kieltävät moottorin käyttämisen maadoituspisteenä.

Moottorin jäähdytysjärjestelmän makea- ja merivesipuolelle kertyvä lika ja hapettuminen toimii myös tehokkaana eristeenä huonontaen 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.

#### Antennit

Koska VHF-puhelimen antennikaapelin kuori on sama kuin tasavirtajärjestelmän miinus, pitää tämä huomioida galvaanisen ja vuotovirtakorroosion kannalta. Usein on parempi käyttää eristettyä antennia tai eristää antenni mastosta. Useimmissa VHF-puhelimissa antennien maadoitus on hoidettu laitteen sisällä.

Kun samassa antennissa tai hyvin lähellä toisiaan olevissa antenneissa on lähetys- ja vastaanotto toimintaa (VHF, AIS, FM-radio) on olemassa riski merkittäville 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 pääsee eroon lisäämällä etäisyyttä tai vaihtamalla vähemmän herkän radion.

#### Tiedonsiirtoväylät

Kun laitteita liitetään yhteen tiedonsiirtoväyliä käyttäen, pitää laitteet saada ”keskustelemaan”, niin sanotusti parittaa, keskenään. Tällöin tiedonsiirtoprotokollan ja sen nopeuden pitää olla sama. Lisäksi vastaanottavan laitteen tulee kyetä ymmärtämään lähettävän laitteen lausekkeet. Tästä syystä on tärkeää selvittää, mitä lausekkeita vastaanottava laite ymmärtää ja lähettävä lähettää. Nämä ovat yleensä listattuna laitteiden teknisissä tiedoissa. On hyvä myös huomata, että esimerkiksi AIS-vastaanottimelta voi valita tiedonsiirtonopeudeksi NMEA0183-protokollalla joko 4,8 tai 38,2 Kb/s. Tiedonsiirtonopeus kuitenkin tässä tapauksessa määrittää saadaanko kaikki tiedot näkyviin.

## NMEA0183

NMEA0183 perustuu järjestelmään, jossa data (+) sisään ja ulos kulkevat eri johtimissa. Data (-)/COM 0 voi olla yhteinen. Tästä seuraa, että vain yksi lähettävä tai vastaanottava laitepari voi olla samanaikaisesti kytkettynä yhteen saman tietoliikennoportin kautta, jos halutaan kaksisuuntainen liikenne. Näiden rinnalle voidaan liittää vastaanottava laite, mutta se havaitsee vain sen laitteen, jonka data (+) ulosjohtimeen se on kytketty. Lisäksi tiedonsiirtonopeuden pitää olla kaikilla sama. NMEA0183-järjestelmässä on lisäksi tavallista, että data (-)/COM 0 ovat yhteydessä laitteen miinus kaapeliin. Samoin voi olla, että datakaapelin vaippa on myös miinus.

## NMEA2000

Sertifioidulla laitteella tarkoitetaan laitetta, liitintä, kaapelia, ym. joka on sertifioitu käytettäväksi NMEA2000-järjestelmässä. Se voidaan liittää kaikkiin tämän järjestelmän muihin komponentteihin standardin mukaisella liittimellä ja sen tiedonsiirtolausekkeet ovat yhteensopivia muiden järjestelmän laitteiden kanssa. Sertifioidun laitteen LEN-arvo on myös tunnettu. Laitehankintaa suunniteltaessa kannattaa suosia sertifioituja laitteita.

Vaikka käytössä oleva laitteisto koostuisi sertifioiduista komponenteista ja niiden väliset tiedonsiirtolausekkeet olisivat yhteensopivia, ei tämä kuitenkaan takaa, että kaikki käyttötavat toimivat. Tyypillisesti kun plotteri ja autopilotin kurssitietokone ovat eri valmistajan:

- reitin ajo, reittipisteelle ajo, kursorille ajo -käskyt toimivat
- autopilotin hallinta plotterin kosketusnäytön virtuaalinäppäimillä ei onnistu.

Laitteistot kehittyvät ja niihin tulee uusia ominaisuuksia jatkuvasti. Jos hankitaan uusi laite, joka on valmistettu puolikin vuotta aiemmin, siinä on varmuudella vanha ohjelmaversio. Samoin vaikkapa vuoden veneessä käytössä ollut laite vaatii lähes varmasti ohjelmapäivityksen, kun

asennetaan uusi laite. Näin ollen laitteiden ohjelmistojen päivitys on normaali ensimmäinen toimenpide. Syytä on huomata, että kaikki ohjelmapäivitykset eivät onnistu verkon kautta vaan ne pitää tehdä muistikortilta. Monilla valmistajilla voi muistikortille ladata kaikkien veneessä olevien saman valmistajan laitteiden ohjelmapäivitykset ja siten päivittää kaikki kerralla.

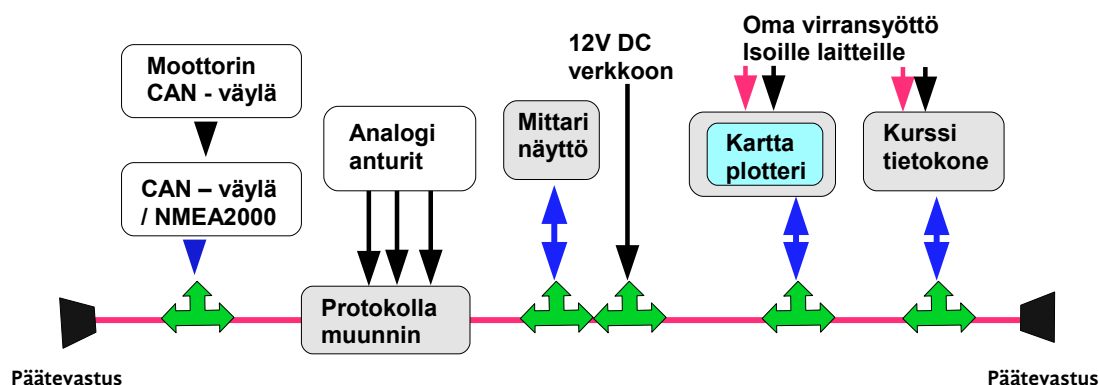
Yhteensopivilla laitteilla jokin yllä mainituista piirteistä ei täyty. Tyypillisesti liitin ei ole standardin mukainen, jolloin joudutaan käyttämään sovitekaapeleita. Tiedonsiirtolausekkeet voivat olla modifioituja, jolloin osa tiedoista ei siirry tai laitteisto voidaan joutua käynnistämään tietyssä järjestyksessä.

NMEA2000-kaapelointi tehdään runkokaapeleita, haaroituskaapeleita, T-haaroja tai haaroitusrimoja käyttäen. Runkokaapelissa pitää aina olla 2 päätevastusta; yksi kummassakin päässä. Laitteet liitetään aina haaroituskaapelilla. Vaikka jokin laite liitettäisiin suoraan runkokaapeliin pitkän etäisyyden takia, (esim. NMEA2000 tuulimittarin anturi) niin tällöin itse anturissa on sisäinen ns. in-line-termiinaattori. 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 ja järjestelmän maksimi LEN-arvo 60.

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

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

Osalla valmistajia kaapelit ovat ulkoisestikin täysin samoja, toiset ovat halunneet erottaa runko- ja haaroituskaapelin. Yksittäisen haaroituskaapelin maksimipituus on 6 m ja kaikkien yhteensä 76 m. Runkokaapelin maksimipituus Micro -C -liittimillä on 100 m.



5.30. Periaatekuva NMEA2000-väylästä ja siihen liitetystä komponenteista.



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 lue asennusohjeet hyvin. Verkon kautta tuleva virransyöttö riittää esim. mittarinäytölle, antureille ja protokollamuuntimille. Isommat laitteet – kurssitietokone, karttaplotteri, VFH-puhelin, AIS, jne. – vaativat oman virransyötön.

## NMEA2000-verkon vaatimuksia

### LEN-arvo

Jokaiselle verkkoon liitetylle laitteelle on ilmoitettu ns. LEN-arvo ( Load Equivalency Number ).

- 1 LEN = Max 50 mA; näin ollen 56 mA = 2 LEN
- Maksimi kuorma verkossa on 3 A = 60 LEN

### Käyttöjännite

NMEA2000-verkon käyttöjännite on nimellisesti 12V DC; toleranssi 9-16 V. 9 V DC-jännite pitää olla myös kauimmaiselta laitteelta mitattuna. Lisäksi ns. LEN-arvo ei saa ylittää. Mikäli jännite laskee hetkellisestikin alle 9 V on seurauksena koko NMEA2000-verkon toiminnan pysähtyminen. Tällöin ulkoisen GPS:n tuottama sijaintitieto ja plotterin ohjaus keulapotkurille menetetään ja vene alkaa ajelehtia.

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

Jänniteheilauksen voi estää joko kytkemällä elektroniikka toiseen akkuun tai esim. syöttämällä virran navigointielektronikalle 12/12 V DC-jännitteentasaajan kautta, mikä vakioi jännitteen noin 12 volttiin, vaikka tuleva jännite olisi 8-16 V.

### Protokollanmuuntajat muuntavat:

- analoginen anturitieto -> NMEA2000
- NMEA0183 -> NMEA2000
- SeaTalk1 -> NMEA2000
- CAN-väylät -> NMEA2000

## Toimiiko NMEA2000-verkko?

Kun verkko käynnistetään ensimmäisen kerran, joudutaan tekemään joitakin perusasetuksia. Tällöin verkkoon kytketyt laitteissa tulee olla virta päällä. Tyypillisesti mittarinäytöt ja plotterit kysyvät käyttökieltä, aika- ja aikavyöhykettä, päivämäärää, veneen tietoja (pituus, leveys, syvyys, jne.). Seuraavana voi tulla automaattinen järjestelmään liitettyjen laitteiden haku. Tämä ei välttämättä tarkoita, että esim. löydettyä anturia käytettäisiin tietolähteenä, vaan pitää määrittää mitä anturia käytetään tietolähteenä eri asioille. Tyypillisesti kannattaa ottaa ensin lista järjestelmään kytketyistä laitteista ja varmistaa että kaikki löytyvät. Tämän jälkeen mennään valikkoon, jossa määritetään

mitä anturia käytetään tietolähteenä eri käsitteille. Tällöin kannattaa huomata muutamia seikkoja esimerkiksi:

- nopeus maan suhteen (SOG) = GPS-nopeus: veneen pitää liikkua, jotta saadaan kaksi sijaintipistettä; ei välttämättä riitä tosituulen laskentaan
- vesinopeus = rungon alla olevan lokianturin tuottama nopeustieto veden suhteen; riittää tuulimittarille tosituulen laskentaan
- suunta maan suhteen (COG) = GPS-suunta: veneen pitää liikkua, jotta saadaan kaksi sijaintipistettä; ei välttämättä riitä esimerkiksi autopilotin suuntatiedoksi ja tosituulen nopeuden laskentaan
- magneettinen suunta = (HEADING) suunta magneettikentän suhteen suuntatietoanturilta; soveltuu mm. autopilotille ja tosituulen laskentaan.

Mikäli käytössä on ns. satelliittikompassi (= GPS-kompassi) veneen ei tarvitse liikkua suunnan ja nopeuden määrittämiseksi, joten soveltuu mm autopilotille ja tuulianturille tietolähteeksi.

Huomattavaa on myös, että yleensä järjestelmässä jokin valittu tietolähde on kaikkialla verkossa sama tietolähde. Jos on valittu GPS-lähteeksi plotterin sisäinen GPS-antenni, plotterin sammuttaminen johtaa hälytykseen sijaintitiedon menetyksestä muissa laitteissa. Poikkeuksen tästä muodostaa lähettävä AIS, jolla juuri tästä syystä on oma verkosta riippumaton GPS-antenni.

Mikäli NMEA2000-verkko ei toimi kannattaa menetellä kuten yllä mainittu:

- varmista että kaikki verkon laitteet ovat päällä
- ota valikon kautta laitelista ja varmista että kaikki laitteet löytyvät listalta
- varmista, että olet valinnut tietolähteet oikein.

Mikäli mitään laitteita ei löydy varmista, että NMEA2000-verkko saa käyttöjännitteet.

- sulake palanut
- virtakytkin OFF

Mikäli jokin laite puuttuu listalta

- varmista, että laite on päällä
- NMEA2000-haarotuskaapeli on liitettynä
- laitteelta on valittu NMEA2000-protokolla tiedonsiirtoväyläksi.

## 5.8. MERI-VHF/DSC -RADIOJÄRJESTELMÄ

Radiojärjestelmien onnistunut rakentaminen on harrastelijallekin mahdollista, jos noudatetaan tarkasti valmistajan asennusohjeita niistä poikkeamatta. Radiot, kaapelit ja antennit pitää olla yhteensopivia ja esimerkiksi impedanssitasojen on oltava samat, ettei synny epäsovitusta.

Koaksiaalikaapeli vaihtoehtoja on useita esimerkiksi: Ohuempi helpommin käsiteltävä RG-58 ja paksumpi ja jäykempi RG-213. Huviveneissä kaapelipituuksista aiheutuva kaapelivaimennus on yleensä alle VHF/DSC-radiojärjestelmälle sallitun 2-4 desibelin kaapelivaimennuksen. Kaapelin valinnassa tulee huomioida veneen rakenteelliset rajoitteet, esimerkiksi mahtuuko paksumpi kaapeli maston olemassa olevaan johtokouruun.



**5.31.** Liittimiksi kannattaa valita laadukkaat liittimet nimenomaan valitulle kaapelille sopivat. Liittimet tulee asentaa huolellisesti noudattaen asennusohjeita.

Tyypillinen VHF-yhteysetäisyys kahden veneilijän välillä avomerellä on noin 10-15 mpk kiinteästi asennetulla VHF-laitteella. Yhteysetäisyyteen vaikuttaa muun muassa antennin korkeus ja oikea mitoitus sekä VHF-radioantenni ja koaksiaalikaapeloinnin kunto.

Antennin valinnassa huomioitavaa, katso Antennit ja tietoliikenneverkot, sivu 33.

### Vian etsintä

Radiotaajuiset laitteet ovat hyvin herkkiä ja helposti vikaantuvia veneen vaativissa olosuhteissa, joissa lämpötilat vaihtelevat ja suhteellinen kosteus voi sisätiloissakin nousta hyvin suureksi. Esimerkiksi hyvin tyypillisesti käytetyt UHF-liittimet eivät ole vesitiiviitä ja sen kontaktipinnat voivat hapettuvat helposti. Ammattikäytössä olevat laitteet tarkistetaan säännöllisesti, kun taas huviveneiden radioiden asennukset voivat olla vuosia tai jopa vuosikymmeniä vanhoja ja alun perinkin ei-ammattilaisten virheellisesti asentamia.



**5.32.** Hapettunut koaksiaalikaapelin liitin.



**5.33.** Hapettunut koaksiaalikaapelin liitin.

Edellisten kuvien tapauksissa VHF-radio ei kuulu, eikä vastaanottaja kuullut kutsusanomaa. Syy kuvien mukaisissa hapettuneissa liittimissä.



**5.34.** Omatekoinen koaksiaalikaapeliliitos.

Yleismittarin vastusmittauksen perusteella VHF-antenni ja kaapeli näyttävät ehjiltä, mutta VHF-radio ei toimi. Käsin tehdyssä liitoksessa on aaltoliikemallin mukaan epäjatkuvuuskohta ja korkeataajuisesta radiosignaalista iso osa heijastuu takaisin.

## Koaksiaalikaapelin ja liittimien tarkistus

Keväällä ennen purjevereen maston pystytystä tarkistetaan liittimien ja antennin visuaalinen kunto:

- Liitinten pitäisi aina olla täysin kiiltäviä sekä ulkoa että sisältä. Ulkopuolelta hapettunut liitin on varmasti hapettunut myös sisältä ja silloin radion toimintakyky on varmasti merkittävästi alentunut.
- Koaksiaalikaapelin vaippa ei saa olla vaurioitunut, painunut tai jyrkästi taittunut.
- Liittimet pitää olla tukevasti kiinni kaapelissa ja pienikin liike liittimen ja kaapelin välillä kertoo rikkoutuneesta liitoksesta.
- Kokonaan puristettavat liittimet ovat harvinaisia ja juotettavaksi tarkoitetuissa liittimissä kaapelin keskijohdin on aivan ehdottomasti juotettava liittimen keskinastaan. Valitettavasti juottamaton keskijohdin on huviveneissä hyvin yleinen ja johtaa järjestelmän toimintakyvyn merkittävään alenemiseen lyhyen ajan kuluessa.

Yleismittarin vastusmittauksella ( $\Omega$ ) voi todeta helposti kaapelin ja liitosten eheyden tekemällä kaksi mittausta:

- Keski- ja ulkojohtimen keskinäinen eristystila saadaan selville mittaamalla kaapelin toisesta päästä johtimien väliltä, kun kaapelin molemmat liittimet ovat irti. Mittari näyttää suurinta mahdollista arvoa, (ääretön, OL, OR tms.), tällöin kaapeli ei ole oikosulussa.
- Yhdistetään keski- ja ulkojohdin kaapelin toisesta päästä ja mitataan uudestaan. Vain mittarin näyttäessä hyvin pientä vastusta, kaapeli molemmat johtimet ovat ehjiä.

## Toimivuuden tarkistaminen yhteyskokeilulla

Ennen yhteyskokeilua tulee varmistaa, että kaikki antennikaapelit ja antenni on kytketty. Yhteyskokeilu pitää olla jokaisen veneilijän vähintäänkin veneilykauden alkaessa tehtävä toimenpide.

- Helppo tapa on tarkistaa VHF-radion kuuluvuus eli miten kaukaa radio ottaa vastaan lähetyksiä. Esimerkiksi itäisellä ja keskisellä Suomenlahden rannikolla pitäisi säännölliset Tallinna radion lähetykset kuulua pääsääntöisesti varsinkin, kun ollaan avoimemmilla vesillä pois saarten peitosta.
- AIS-kohteiden etäisyydestä voi jossakin määrin arvioida järjestelmän toimivuutta. Mitä kauempana olevat kohteet näkyvät, sitä paremmassa kunnossa järjestelmä on. AIS-kohteita on aina näkyvillä.

Jos havaitaan lähetyks- tai vastaanotto-ongelmia, kyseessä on todennäköisesti suurtaajuusongelma. Tällöin täysin luotettava mittausta on vain käyttötaajuudelle tehtävä sähköinen mittausta. Siihen voi käyttää suhteellisen halpaa SWR-mittaria tai monimutkaisempia ja kalliimpia piiri-analysaattoreita. Myös osa meri-VHF/DCS-radiolaitteista osaa tehdä itsetarkistuksia.

Monet venekerhot ovat hankkineet SWR-mittareita yhteiskäyttöön, mutta sen käyttäminen ja tulosten ymmärtäminen vaatii hieman kokemusta ja ei kuulu enää tämän oppaan piiriin. Yleisemmin antenni on vastusmittauksella oikosulku, mutta voi periaatteessa olla mitä tahansa muutakin. Joka tapauksessa tasajännitemittaus ei kerro antennin sovituksen oikeellisuudesta mitään.

## 5.9. SÄHKÖVIKOJEN ETSINTÄ

Osiassa kerrotaan yksinkertaisista tavoista selvittää, missä vika voisi olla. 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, asia on melko yksinkertainen: yleensä kyseessä on katkos virtapiirissä. Tällainen vika on helposti löydettävissä.

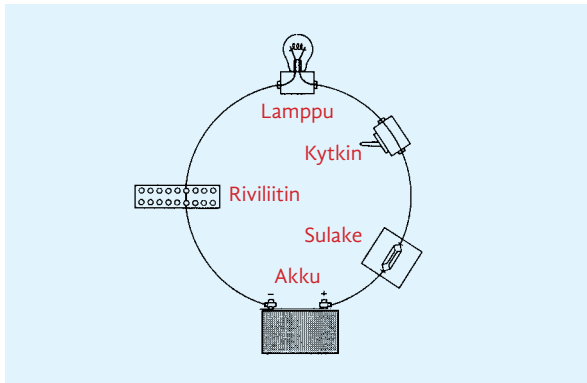
Kun laitteet toimivat katkonaisesti tai toimivat muuten huonosti, asia mutkistuu. Tyypillinen esimerkki on lämmityslaitte, joka ei toimi jatkuvasti. Silloin on kyseessä useimmiten liian matala jännite tai katkeileva kohta virtapiirissä. Lämmityslaitteen turvakytkentä estää lämmityslaitteen käynnistymisen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

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

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

### Suljettu virtapiiri

Vertauskuvallisesti voi virtapiiriä ajatella renkaana, joka sulkeutuu akun napojen välillä ja akun sisällä. Jos ehjä hehkulamppu ei pala, rengas on katkennut jostain kohdasta. Jos katsotaan tavallista lamppuasennusta, rengas lähtee akun plusnavasta johtimella pääkytkimelle, johdolla edelleen sulakkeelle, edelleen katkaisijalle, täältä edelleen johtimella lampunpitimelle ja lampulle sekä johtimella takaisin akun miinusnapaan (mahdollisesti miinuskiskon) kautta.



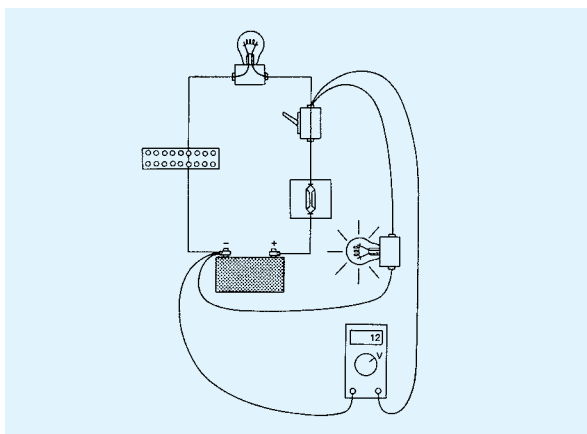
5.35. Sähkö kulkee ympyrää akun napojen välillä.

Sähkön pitää kulkea koko rengas eli virtapiiri. Kun etenee askel askeleelta, löytää lopulta kohdan, jossa virtapiiri on poikki.

Katkospaikan etsimiseen tarvitaan apuvälineitä. Volttimittari, jolla mitataan jännitettä, tai ohmimittari, jolla mitataan piirin resistanssia (vastusta). Ohmimittarilla selvitetään, onko virtapiiri kunnossa vai poikki. Esimerkiksi rikkoutuneen tavallisen polttimon vastus on ääretön. Viallisen ledin tapauksessa dioditestausta ei anna mitään arvoja, vaikka vaihdetaan johdinten järjestys.

### Vianetsintä jännitteen avulla

Volttimittarilla näkee, onko joka paikassa jännite ja onko se oikea. Kannattaa mitata ensin, mikä jännite on sähkölaitteen liitäntäkohtien välillä, kun laite on kytketty toimimaan; pääkytkin ja esim. lampun katkaisija ON. Jos jännitteen arvo on oikea mitattuna laitteen syöttöjohdoista, esimerkiksi lampun pitimen liitännöistä, on lamppu palanut tai laite on viallinen, esimerkiksi lampunpitimen ja/ tai lampun kytkentänaulat ovat hapettuneet. Jännite laskee aina jonkin verran, kun johtimiin tulee pituutta. Jos akun navoilta mitattu jännite on 12 V ja laitteen navoilta esimerkiksi 11,5-11,8 V, on tämä normaalia. Suurempi jännitteen alenema tarkoittaa huonoa kontaktia ja voi olla siten toimimattomuuden syy.



5.36. Vianetsintä volttimittarilla tai koestuslampulla.

Kuvassa 5.36. sulake ja kytkin ovat kunnossa. Kytkimen toimintaa voi myös kokeilla kääntämällä sen päälle ja pois. Miinus on varminta ottaa akun navasta. Vianetsinnässä suositellaan volttimittarin käyttöä, koska koestuslampulla on vaikea havaita jännitteen alenemaa.

Jos sähkölaitteen navoissa ei ole jännitettä tai se on liian alhainen laitteen toiminnalle, tulee mennä askel kerrallaan taaksepäin. Pluspuoli tarkistetaan siten, että yleismittarin miinusjohto liitetään esimerkiksi miinuskiskoon ja plusmittauskärjellä mennään järjestyksessä laitteelta akulle päin – katkaisijan, sulakkeen ja pääkytkimen molemmat navat. Kun jännite nousee normaaliksi, on vikakohta viimeisimmän ja sitä edeltävän mittauspisteen välissä. Mikäli todetaan, että jännite on normaali jo lampunpitimen plusliitännällä, on vika miinuspuolella.

Miinuspuolen tarkastus tehdään vastaavalla tavalla, mutta silloin yleismittarin plusjohdin laitetaan kiinni esimerkiksi akun plusnapaan ja mittarin miinusmittauskärjellä tullaan laitteen miinusnavalta akulle päin, kunnes jännite nousee normaaliksi.

### Vianetsintä ilman jännitettä

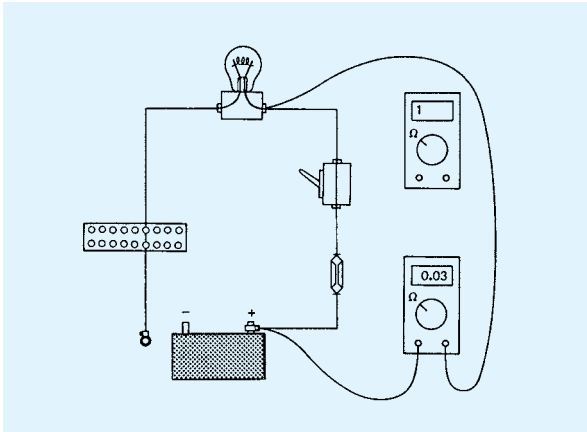
Tässä mittaustavassa käytetään yleismittarin vastus- tai diodi mittausta. Mitattava virtapiiri pitää olla virraton. Yhden akunnavan irrotus on yleensä riittävä varotoimi. Tällä tavalla on helppo usein selvittää esimerkiksi lampun kunto. Jos esimerkiksi 10 W kulkuvalon lampun navoilta mitattuna vastusarvo (Ohmi) on noin 14,5 Ohmia, on lamppu ehjä. Vastaavasti huomattavasti suurempi arvo tai ääretön arvo kertoo, että lamppu on rikki.

Kun maston valot eivät toimi, on tällä mittaustavalla helppo selvittää, onko vika maston vai veneen päässä. Irrotetaan maston valoliittimet veneen johdoista ja mitataan kunkin maston valon johtoparin vastus:

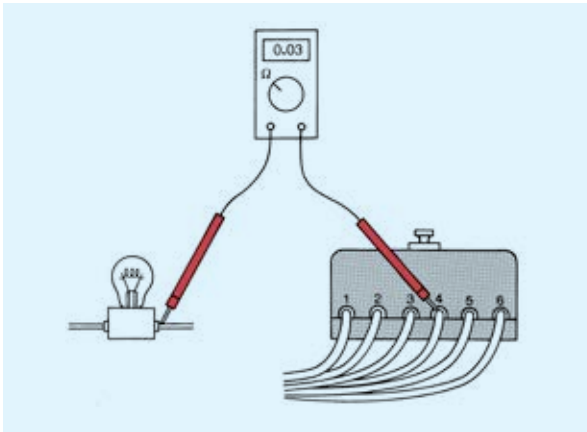
- toimivilla 10 W ankkuri- ja mastovalon johtimilla normaali vastus on luokkaa 15-17 Ohmia, 35 W kansivalolla luokkaa 5-7 Ohmia.
- Mastolle virtaa tuovien johdinten mittauksen voi tehdä myös kuten aiemmin selvitettiin kohdassa vian etsintä jännitteen avulla.

Vastusmittauksella on myös helppo selvittää turvallisesti merkitsemättömien johtimien kytkentöjä. Yleismittarin toinen mittauskärki kiinnitetään tutkittavan johdon irrotettuun päähän, näin varmistetaan, että mitataan vain tutkittavaa johdinta. Toisella mittauskärjellä haetaan johdin, jossa vastus on lähes nolla tai pari ohmia.

Vastaavalla tavalla selviää myös, mikäli johtimessa on huono kontakti, vastusarvo on useita ohmeja, mikä selittäisi laitteen toimimattomuuden aiheuttavan merkittävän jännitehäviön.



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



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

## LED-lamput

Nimensä mukaisesti LED on diodi, mikä tarkoittaa, että vastusta voi periaatteessa mitata vain toiseen suuntaan. Nykyisin monet LED-polttimoissa on kuitenkin sisäisesti kytketty siten, ettei ole väliä kumminpäin ne asennetaan. Tätä ei päältäpäin näe. Yleismittarin vastusmittausta tai dioditestausta käytettäessä kannattaa mitata kokeille mittauskärjillä kumminkin päin. Jos kummallakaan vaihtoehdolla vastus on ääretön tai dioditestaus ei reagoi on polttimo rikki.

## 5.10. HÄIRIÖISTÄ

Monet häiriöt liittyvät vanhempiin laitteisiin, koska ne sietivät huonosti häiriötä ja toisaalta aiheuttivat niitä merkittävästi.

Aiemmin ongelmat rajoittuivat siihen, että radiovastaanotin häiriintyi moottorin käydessä. Myöhemmin elekt-

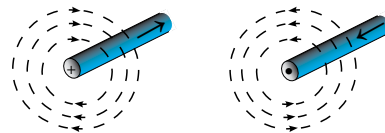
ronisten instrumenttien lisääntyä, lisääntyivät myös ongelmat. Häiriö syntyy, kun jokin sähköinen yhteys katkaistaan tai kytketään, tai kun virta vaihtelee suuresti. Esimerkiksi radiosta voi kuulla napsahduksen, kun valokatkaisijaa käytetään. Pysyvämpi häiriö tulee pyöristä moottoreista ja etenkin generaattoreista.

Häiriölähteistä tasavirtageneraattori on yleensä pahin, mutta häiriötä syntyy usein sähkömoottoreista, joiden suhteellisen suurta virtaa kytketään ja katkaistaan. Tyypillisiä häiriölähteitä ovat starttimoottori, tuulilasinpyyhkimet, jääkaappi, lämmityslaitte, ankkurivinssi, keulapotkuri ja sähköiset pumput. Huonolaatuiset led-valaisinten elektroniikka saattaa aiheuttaa mm. FM-radioon voimakkaan häiriön.

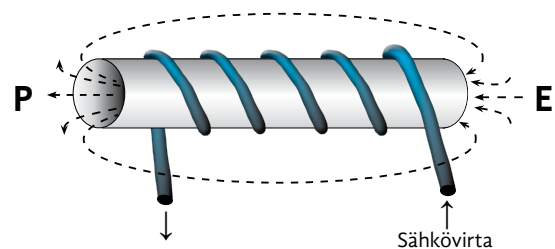
Veneissä, joissa on bensiinimoottori, voi sytytys olla häiriönlähde. Käytännössä nämä häiriölähteet aiheuttavat sykkivän magneettikentän ympärilleen. Syntyy radioaaltoja, jotka kulkeutuvat kojeiden antenneihin tai muihin komponentteihin. Usein myös sähköjohdot toimivat antennina ja johtavat häiriön kojeisiin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

Häiriöt heikkenevät, kun etäisyys kasvaa, mutta jokin toinen antenni voi siepata ne ja lähettää edelleen. Tällaisia voivat olla esimerkiksi vajjerit kaiteissa tai rikissä.

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



5.39. Magneettikentät syntyvät virrallisten johtojen ympärille ja aiheuttavat häiriöjännitteitä läheisiin johtoihin, esimerkiksi mittareiden anturijohtoihin tai VHF:n antenniin.



5.40. Magneettikenttä voimistuu, jos johdin on kierretty magneetoituvaa metallia sisältävän esineen ympärille. Tästä syystä lähellä kompassia tai mittausjohtimia olevat releet ja sähkömoottorit aiheuttavat häiriötä ympäristöönsä.

## Muita häiriölähteitä

Myös muu koneisto voi olla sähköisten häiriöiden lähde. Vaihteisto, potkurin läpiviemi ja potkurin akseli voivat aiheuttaa tällaisia häiriöitä, vaikkei niitä usein esiinnykään. Potkurin läpiviennin maadoitus poistaa usein tämän ongelman. Purjeveneeseen riki voi myös aiheuttaa häiriöitä, kun purjeet hankaavat vajereihin. Ukkossuojaus ja maadoittaminen veteen ulottuvalla liuskalla ratkaisevat ongelman. Onneksi tällaisen häiriöiden taajuudet ovat melko matalia. Häiriöt ovat kiusallisimpia erilaisten radiolaitteiden käytämillä taajuuksilla. Jos niin sanottu signaali-kohinasuhde (SNR = Signal Noise Ratio) jää liian pieneksi, jotkut elektroniset laitteet toimivat epäluotettavasti ja voivat lakata kokonaan toimimasta.

Uudet laitteet toimivat yhä suuremmilla taajuuksilla, sekä yhteydenpidossa että navigoinnissa, ja silloin 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 voidaan tehdä suhteellisen yksinkertaisilla keinoilla. Hyödyllisiä vinkkejä häiriölähteen etsintään:

1. Käynnistä moottori laiturissa. Nosta kierrosluku niin korkeaksi, että laturi lataa (vähintään 2000 r/min). Huolehdi siitä, että kaikki muut sähkölaitteet venessä on suljettu. Avaa radio keskipitkille aalloille. Kuuluuko siitä kohinaa ja/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 onkin riittävästi.). Jos häiriö on nyt poissa, laturi on syyllinen. Dieselmoottorissa ei ole paljon häiriölähteitä (poikkeuksena ruiskutuspumppu, joka joskus voi tuottaa häiriöitä). Jos bensiinimoottorin kyseessä ollessa häiriöt jatkuvat, on niiden synä syytyslaitteisto. Sen 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, tuulilasinpyyhkijät, tuuletin, vesipumppu, pilssipumppu, ankurivintturi jne.) ja kuuntele milloin häiriöitä esiintyy. Jatka muilla sähkölaitteilla ja tarkkaile etenkin loisteputkia. Nyt olet todennäköisesti saanut selville syyllisen tai syylliset. Ota huomioon, että niitä voi olla useita ja käy siksi 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

Häiriöiden poisto laitteistosta tehokkaalla tavalla voi olla hankalaa ja saattaa tarvita asiantuntijaa. Mutta useissa tilanteissa sen voi tehdä yksinkertaisin keinoin, kun on paikallistanut lähteen tai lähteet.

Useimmiten ongelmat ratkeavat asentamalla kondensaattori, suuruudeltaan välillä 1–3,7  $\mu\text{F}$  (mikrofaradia) suoraan plussan ja miinuksen väliin häiriölähteeseen, tai niin lähelle sitä kuin on käytännössä mahdollista. Jos generaattori on syyllinen, saa useimmilta maahantuojilta valmiiksi räätälöidyn häiriönpoistimen tähän ongelmaan.

Häiriönpoistin, joka on useimmiten kondensaattori, antaa samalla suojauksen jännitepiikkejä eli ns. transientteja vastaan, jotka voivat vahingoittaa elektroniikkaa.

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.

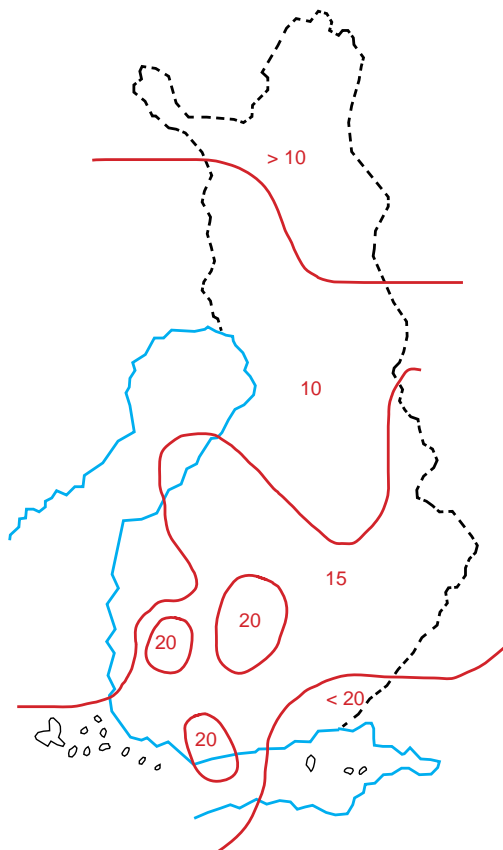
Uudemmissa laitteista häiriöitä voi yrittää torjua myös asentamalla virta- ja kommunikaatiojohtoihin häiriönpoistoferrittirengas.

# 6.

## UKKONEN JA SALAMOINTI

Ukkonen voi aiheuttaa veneilijöille erilaisia vaaratilanteita, joihin on hyvä varautua. Ukkosiin tyypillisesti liittyvät voimakkaat sateet, tuulet ja ukkospuuskat muodostavat veneilijälle useammin suuremman vaaran ja enemmän vahinkoja kuin salaman isku. Veneilijän tulee suhtautua näihin sääilmiöihin riittävällä vakavuudella. Tässä kappaleessa käsitellään lähinnä ukkosen ”sähköisiä” ilmiöitä - niiden syitä ja vaikutuksia. Maapallolla on käynnissä koko ajan noin 2000 ukonilmaa. 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.



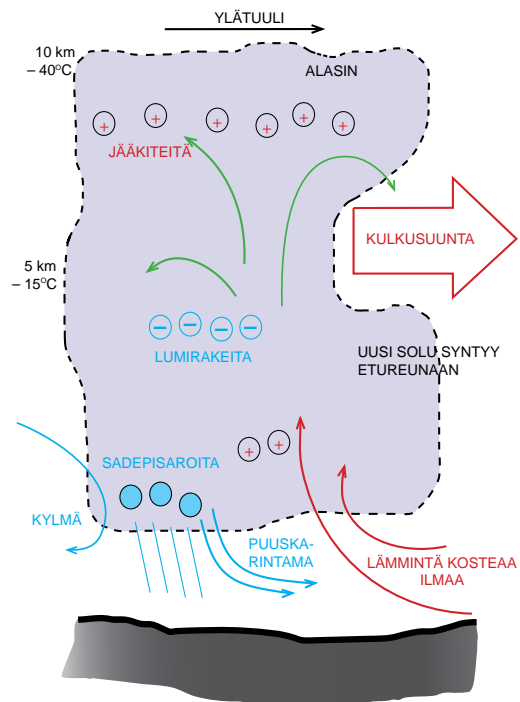
6.1. Keskimääräiset ukkospäiväluvut Suomessa.

### 6.1. UKKOSPILVEN MUODOSTUMINEN JA SÄHKÖISTYMINEN

Ukkospilviä syntyy tavallisesti olosuhteissa, joille ovat tyypillisiä ilmamassojen voimakkaat pystyvirtaukset, kosteus ja lämpötilan voimakas aleneminen korkeuden kasvaessa. Lämpöukkonen syntyy, kun auringon lämmittämä ilma nousee ylöspäin ja sen tilalle tunkeutuu mereltä kylmää ilmaa. Lämpöukkosille 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 ilmassaan 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 hankaaaminen jääpalalla synnyttää staattista sähköä samaan tapaan kuin lasi- tai eboniittisauvaa kissannahalla hangattaessa. Iskeytyminen puolestaan siirtää jääkiteestä varausta lumirakeeseen.



6.3. Tyypillinen ukkospilvi.

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

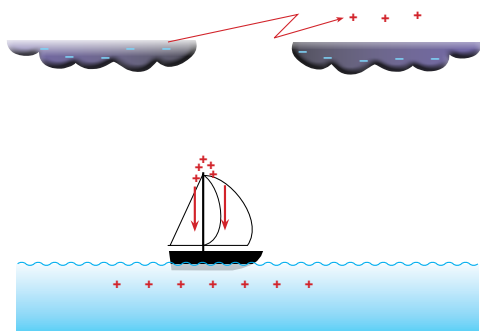
Kun varausta on kertynyt tarpeeksi, pilven varauskeskusten jännite maahan nähden ylittää ilman eristyskyvyn. Pilvestä maahan alkaa työntyä ionisoituneesta ilmasta koostuva, halkaisijaltaan – salaman voimakkuudesta riippuen – alle metrin luokkaa oleva esipurkauskanava, jonka kärki etenee 300 km/s nopeudella.

## 6.2. SALAMAN ESIINTYMISTAVAT

Salamanisku voi esiintyä kolmella tavalla:

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

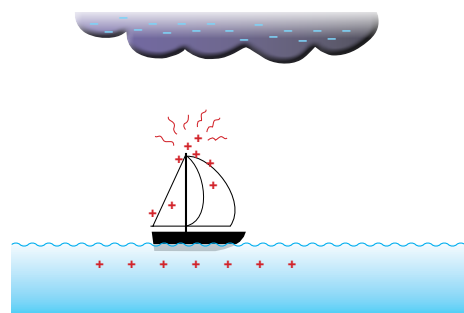
Pilvien välissä tapahtuva purkaus on veneen kannalta vaarattomin. Veneen eristettyihin metalliosiin infusoitunut varaus purkautuu, kun varausta ylläpitänyt pilven sähköhäviää salaman iskiessä pilvestä toiseen. Tällaisesta sekundaaripurkauksesta on kysymys, kun veneestä kuuluu yhtä aikaa salamaniskun kanssa räjähdys. Maadoittamaton takilanosa muodostaa varautuneen kondensaattorin toisen navan, kun toinen on meressä. Sama ilmiö tapahtuu esimerkiksi huopakattoisen rakennuksen räystäspellityksellä, 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.



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

## Elmontuli

Ukkospilven läheisyydessä maanpinnalla saattaa syntyä myös erilaisia paikallisia sähköpurkauksia, jotka eivät johda maan ja pilven väliseen salamaniskuun. Tällainen ilmiö on esimerkiksi elmontuli, on ukkospilven aiheuttama staattisen sähkökentän koronapurkaus maston, antennien tai muiden terävien kohteiden huipusta.



6.5. Elmontuli on ukkospilven aiheuttama staattisen sähköpurkaus maston huipussa.

## 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).



Salamapurkaus aiheuttaa jyrinää, koska ilma salamaurassa kuumenee alle 1/10 000 sekunnissa kymmeniin tuhansiin celsiusasteisiin, jolloin tapahtuu kaasuräjähdyks. Räjähdyksen 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 veneeseen ja sen laitteisiin sekä ihmiseen usealla eri tavalla

- lämpövaikutukset eli palovaara
- mekaaniset vaikutukset; höyrystymisen aiheuttamat rakenteen rikkoutumiset
- sähköiset vaikutukset.

#### Lämpövaikutukset ja palovaara

Salamakanavan keskusosan suuri lämpötila (30000 °C) kestää vain muutamia mikrosekunteja, ja on halkaisijaltaan vain muutaman sentin. Tästä syystä kaikilla salamaniskuilla ei ole suoraan syyttävää vaikutusta. Keskeinen lämpövaikutus veneessä muodostuu lähinnä iskukohtaan ja ohuiden johtimien sulamisesta tai heikosti johtavien materiaalien nopeasta kuumenemisestä. Salaman ominaisenergian (IEC 62305) perusteella voidaan arvioida metallijohtimien lämpötilan nousua ja sulavan metallin määrää. Kun muutaman millimetrin alueelle keskitetään salamaniskun energia, osa metallista suorastaan höyrystyy. Nyrkkisääntönä voidaan sanoa, että salaman sulattaman metallin määrä on 12 mm<sup>3</sup>/As alumiinia ja 5 mm<sup>3</sup>/As kuparia. On huomattava, että pienetkin kosketusresistanssit (esim. R = 0,01 ohmia) tai muuten huonot kontaktit liittokohdissa aiheuttavat virtalämpöhäviöiden ja kipinöinnin takia vielä huomattavaa ylimääräistä lämpötilan nousua näissä kohdissa. Koska johdot ovat yleensä veneessä listojen takana muovin tai puun keskellä ja kuparisen johtimen poikkipinta on 4 mm<sup>2</sup>, niin se voi kumentua yli 600 asteeseen. Näin korkeassa lämpötilassa muovi ja puu syttyy palamaan välittömästi.

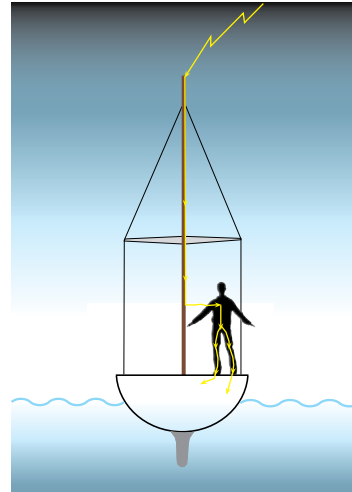
#### Mekaaniset vaikutukset

Salaman aiheuttamat mekaaniset vaikutukset perustuvat joko magneettikentän ja virrallisen johtimen väliseen voimavaikutukseen tai kumentuneen kohteen sisällä tapahtuvaan kaasun lämpölaajenemiseen tai nesteen nopeaan höyrystymiseen. Jälkimmäinen ilmiö selittää muun muassa reiät veneen kyljissä tai maston halkeamisen. Esimerkiksi lasikuiturakenteissa olevan kosteuden tai veden läpi kulkevan salamaniskun sähkövirta aiheuttaa veden välittömän höyrystymisen ja rakenteen pirstoutumisen nopean paineen nousun seurauksena.

Mikäli maston maadoitukseen käytetty johto tekee mutkan, pyrkii johdossa kulkevan virran aiheuttama kenttä suoristamaan mutkan, jolloin maadoitusjohdinten eristeet hajoavat.

#### Sähköiset vaikutukset

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



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

#### Vaikutus ihmiseen

Noin 35 % ihmiseen osuneista suorista salamaniskuista johtaa välittömään kuolemaan. Sydämen kammiovärinä on todennäköinen kuolinsyy. Tappava kammiovärinä syntyy vain, kun isku osuu sydämen lepojaksion alkuun. Kuitenkin on viitteitä myös siitä, että selkäydinjatkoksesta sijaitsevan hengityskeskuksesta läpi menevä virta saattaa pitkäksi ajaksi lamaannuttaa hengityselinten toiminnan. Salamavirta voi kulkea myös kosteaa ihoa tai märkiä vaatteita pitkin, jolloin seurauksena on vaatteiden, ihon tai ruumiinosien palaminen.

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. Ihminen on tältä ilmiöltä lähes turvassa, jos on mastosta vähintään kolmen metrin ja toisaalta enimmillään etäisyydellä, joka on puolet maston pituudesta.

## Salaman kehittyminen ja kulkureitit veneessä

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

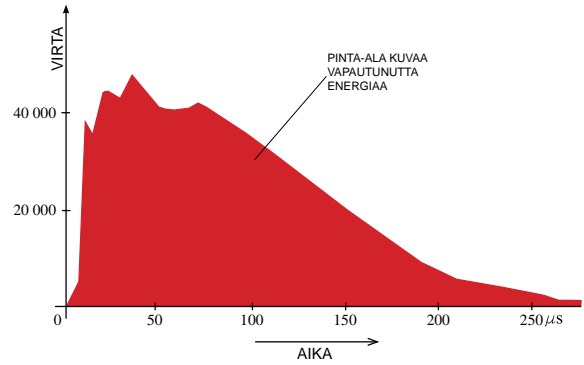
Kuvassa 6.8. on pilven alaosaan varaus tihentynyt, ja kohdalla olevan veneen mastosta alkaa kehittyä vastaesisalama. Pilvestä roikkuu ionisoitunut purkaukskanavan alku, joka kasvaa noin 10-200 metrin hyppyllä alaspäin.

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

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 muutamaa 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 jyristävän äänen.

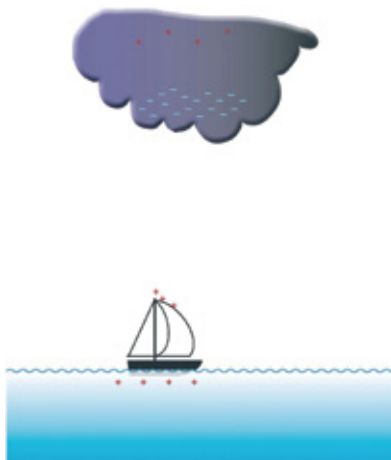
Purkauksen edellytyksenä on niin suuri kentän voimakkuus, että ilman eristyskyky ei riitä. Ilman eristyskyky on verrattain hyvä, johon vaikuttaa ilman kosteus ja on suuruusluokkaa 5 000-10 000 V/cm. Vaikka salaman pääpur-



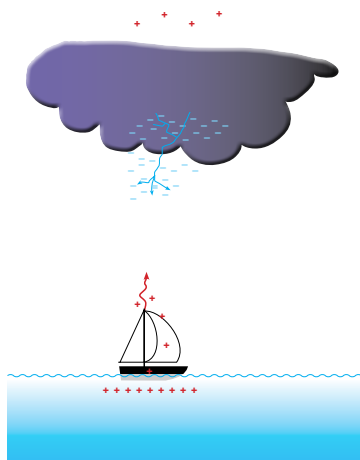
6.10. Salaman iskun aikana vapautunut kokonaisvaraus on kuvan pinta-alan suuruinen. Vaikka virta aluksi on suuri, pienenee se parin sadan mikrosekunnin (mikrosekunti = miljoonasosa sekuntia) kuluessa lähes nollaan.

kauksen 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 osa-iskun sähkömäärän.

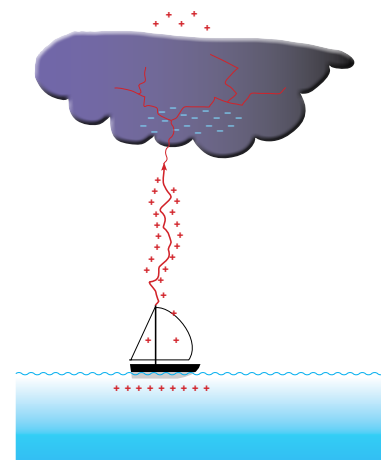
Joskus esiintyy positiivisia salamoita. Tällöin pilven ja maan varaukset ovat päinvastaiset verrattuna kuviin 6.7.-6.9. Jostain syystä tällainen purkaus kestää yleensä kauemmin ja yhdessä purkauksessa vapautuva sähkömäärä on lähes kymmenkertainen, jolloin vahingotkin ovat selvästi suurempia. Yleensä positiivisten purkausten on katsottu kuuluvan tropiikkiin, mutta jotkut ruotsalaistutkijat väittävät, että maaperään osuneista salaman iskuista jopa puolet on positiivisia.



6.7. Veneen yläpuolella oleva ukkospilvi influsoi pilven alapuolen varaukselle vastakkaisen varauksen.



6.8. Pilvestä roikkuu esisalama kohti veneen mastoa.

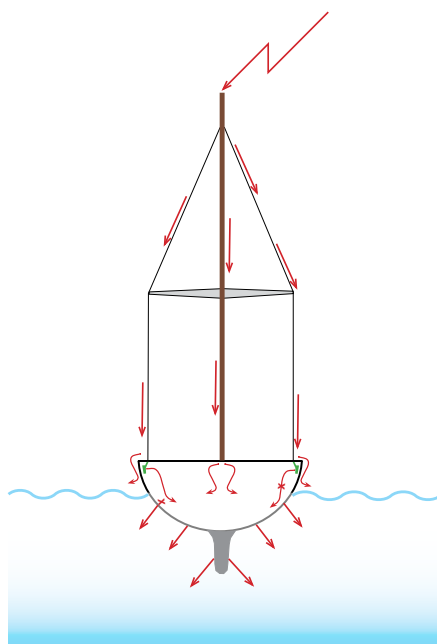


6.9. Pilven ja veneen välille muodostunut ionisaatiokanava on avannut tien varsinaiselle salamalle.

Jos salama purkautuu metallisen johtimen kautta ja purkaustiellä on huonosti johtava kohta (esimerkiksi hapettunut liitos) tämä kohta kuumenee ja saattaa 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.

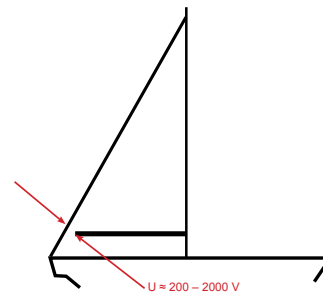
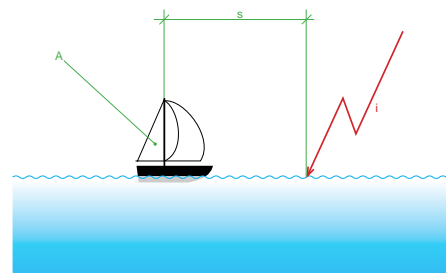
### Salaman sähkövirran kulku veneessä

Salaman sähkövirta pyrkii johtumaan pienimmän vastuksen reittiä. Koska salaman sähkövirran energia on suuri ei salamasuojaukseen ajateltu reitti välttämättä ole ainoa reitti.



6.11. Kun salama osuu veneeseen, suojaamattoman veneen maston purkaus veteen tapahtuu kaikkia mahdollisia reittejä. Lasikuitulaminaatissa oleva kosteus höyrystyy ja laminaattiin syntyy reikiä.

Kun salama purkautuu mereen maston huipun kautta, sen ja meren välillä on usein metallinen yhteys miinuskaapelin kautta, esimerkiksi potkuriakselia pitkin. Jos masto on kannen päällä seisova, eikä mastonjalkaa ja vantin alapäästä eli rustirautaa ole yhdistetty esimerkiksi köliin, ne ovat irti vedestä, eli ilmassa sähkön kannalta. Mastossa on usein sähköjohtoja kulkuvaloille ja muille laitteille. Vaikka johdot ei ole suorassa yhteydessä mastoon, ei johdon muovieristys estä salamaa hakeutumasta tälle reitille. Ylhäältä lukien salaman reitillä ovat silloin lamppu, kaapeli, kytkin, sulake, akku, laturi, moottori, potkurin akseli ja viimein merivesi. On yhdentekevää, onko kytkin auki vai kiinni, ilmaväli kytkimessä on ehkä muutama mill. Koska salama on jo selvännyt useamman kilometrin läpilyönnistä ilmassa, ei tämä ilmaväli estä virrankulkua. Johtimien vastus on muutaman ohmin suuruusluokkaa, joka on merkityksetön salaman suuren jännitteen kannalta.



6.12. Salaman antennivaikutus indusoi maston, puomin ja takaharuksen muodostamaan avoimeen silmukkaan suuriakin jännitteitä, aiheuttaen sähköiskun vaaran.

Kun salama iskee maadoittamattoman maston kautta, veneen koko sähköjärjestelmä (johdot, lamput, radiot, kaikuluotaimet, navigaattorit ja mittalaitteet) ovat hetkellisesti satojentuhansien volttien jännitteessä meriveteen verrattuna. Samoin jännitteellisiä ovat maston vaijerit. Meren potentiaalissa meriveteen kontaktissa ovat esimerkiksi moottori, akselisto, vetolaite ja akku miinus kaapelin kautta. 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 eli rustiraudat ovat joko laminoitu tai pultattu veneen kylkiin tai laipioihin kiinni ja saattavat olla 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.

Veneen tasavirtajärjestelmät toimivat tyypillisesti 12 V -jännitteellä ja navigointilaitteiden sisäinen jännite saattaa olla 5 V. Salaman jännite on tuhansia voltteja. Kun tällainen jännite pääsee vaikuttamaan veneen tasavirtajärjestelmään esimerkiksi miinuskaapelin kautta, syntyy varmuudella vaurioita. Mikäli vene saa esimerkiksi metallimastoon osuman salaman iskusta ei kysymys kuulu menikö mitään rikki, vaan mitä kaikkea rikkoutui. Tyypillisesti ”täysosumassa” saattaa vaurioitua navigointielektronikan lisäksi, lämmityslaitte, kylmäkone, maasähkölaturi, koneen laturi ja radiolaitteet.

## 6.4. SALAMASUOJAUS

Salamasuojauksella pyritään henkilö- ja laitesuojaukseen. Koska ihmiset veneessä eivät ole suorassa kontaktissa salamaniskuilta alttiisiin rakenteisiin, toimivat jäljempänä esitetyt ratkaisut varsin hyvin.

Veneen salamasuojaus edellyttää suojausta sekä suorilta salamaniskuilta, että kauempaa veteen tapahtuvien iskujen indusoimilta ylijännitteiltä. 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 vältetään sähkökemialliselta korroosiolta.

Suojausjohdinreittien tulee olla mahdollisimman suoriamita suurempi, sitä pienempi sivuiskun mahdollisuus. Johtimien pitää kestää maksimivirrat kuumentumatta. Minimipoikkipinnat ovat 25 mm<sup>2</sup> kuparia tai 40 mm<sup>2</sup> alumiinia (NFPA 780-2008).

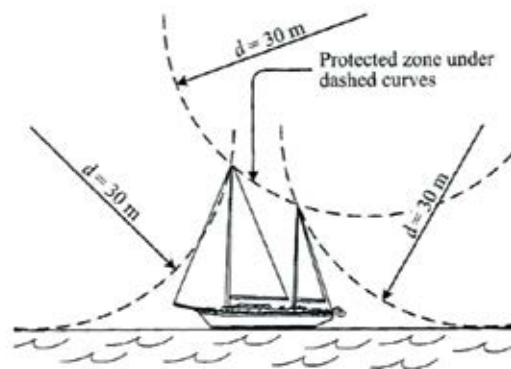
### Mastojen suojaava vaikutus

Pilvestä alas suuntautuvan esipurkauksen lähestyessä venettä sähkökentän voimakkuus kasvaa maston huipussa. Tietyllä hetkellä ns. koronasytyymisjännite ylittyy ja maston huipusta alkaa kehittyä pilveen suuntautuva vastapurkaus. Tällaisia purkauksia voi syntyä samanaikaisesti useitakin, koska alaspäin suuntautuva esipurkaukskanava on yleensä monihaarainen. Lopullinen iskukohta määäräytyy, kun alas ja ylöspäin etenevät purkaukskanavat kohtaavat toisensa.

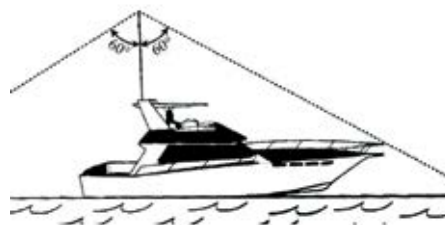
Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että masto muodostaa ympärilleen salamilta suojaavan kartion, jonka teräväkärki on maston huipussa ja alhaalle vedenpintaan muodostuu ympyrän muotoinen alue. Maston ja kartion ulkopinnan välinen kulma riippuu maston pituudesta: 45° alle 20 metrin korkuisilla mastoilla ja pienenee 30° tätä korkeammilla mastoilla (kuvat 6.13. ja 6.14.).

### Salamasuojauksen parantaminen

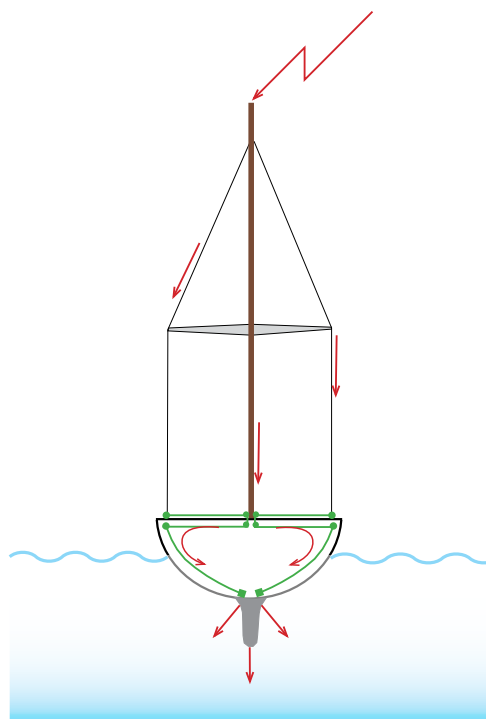
Veneissä nykyään käytetyt alumiinimastot ja ruostumatonta terästä olevat vantit toimivat alastulojohtimina, jos ne on oikein maadoitettu veteen.



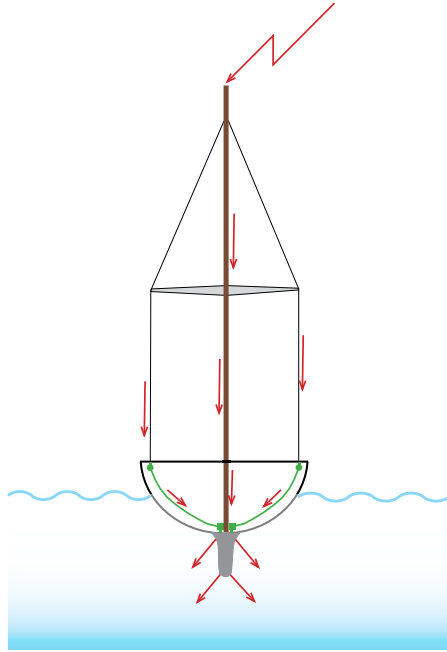
6.13. Kaksimastoisien veneen mastojen suorilta salamaniskuilta suojaama alue.



6.14. Moottoriveneen antennimaston suorilta salamaniskuilta suojaama alue.



6.15. Kannelle tuetun maston ukkossuojaus.



6.16. Läpimenevän maston ukkossuojaus.

Salamalle olisi järjestettävä purkautumisreitti. Parasta olisi, jos purkautumisreitti olisi veneen ulkopuolella. Tämä on käytännössä usein mahdotonta toteuttaa siten että se toimisi myös veneen liikkussa. Kuitenkin masto pitäisi maadoittaa alapäästään tai sen tukipylvään kautta veneen pohjan alle veteen luotettavasti metallisin kontaktein tyyppillisesti kölipultteihin. Vaikka hytin läpi menevässä mastossa tai sitä tukevassa metallitolpassa kulkee hetkellisesti tuhansien ampeerien virta, kestää masto ja tolppa sen kuumentumatta.

Rustiraudat on hyvä yhdistää veneen laidan sisäpinnassa kulkevalla kaapelilla kölin kiinnityspultteihin (kuvat 6.15. ja 6.16.). Läpimenevä maston tapauksessa mastokenkä on hyvä maadoittaa kölipultteihin.

Yllä kuvatuissa järjestelyissä tulee huomioida, ettei veneen tasavirtajärjestelmän miinusjohto yhdisty ukkosen suojaukseen esimerkiksi VHF-antenniliittimen ja metallisen mastossa kiinni olevan jalan kautta.

Nykyisin markkinoidaan myös mastonhuippuun kiinnitettyjä aktiivisia salamasiappareita, jotka pyrkivät varmistamaan salamavirran kulun haluttua reittiä. Aktiivisiin laitteisiin kuuluvat myös järjestelmät, jotka pyrkivät muuttamaan varaustilannetta maston lähetyvillä (esim. Dinn-teco Marine DDCE).

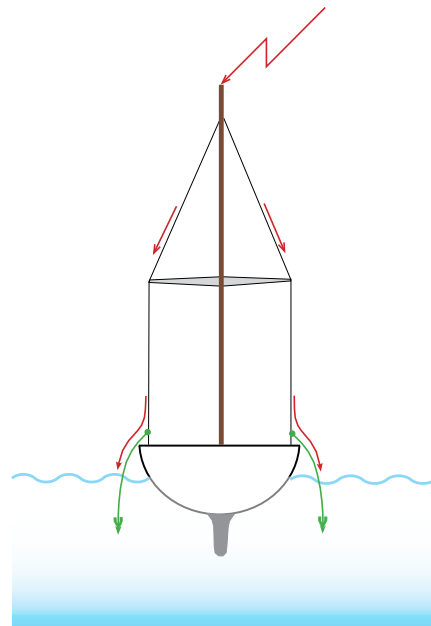
Jossakin määrin voidaan sähkölaitteiden suojausta parantaa veneen sähkökeskuksiin (sekä 230 V AC että 12/24 V DC) asennettavilla ylijännitesuojilla (SPD = Surge Protective Device). Parhaaseen lopputulokseen päästään näiden kaikkien toimenpiteiden yhdistelmällä.

## 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 vasta-tuuleen.

Ukkosen ajaksi saattaa kannattaa mastovalojen, tuulimittarin anturin ja antennien koaksiaaliliittimien irrottaminen maston tyvestä ja vetää ne riittävän kauas niistä liittimistä, joista ne on irrotettu. Tällä estetään näiden johdinten kautta salaman virran kulku veneen järjestelmään. Tämä ei kuitenkaan estä mastossa kiinni olevien laitteiden vaurioitumista.

Pika-avun ukkosmaadoitukseen saa esimerkiksi autosta veneeseen siirretyistä varakäynnistyskaapeleista. Käynnistyskaapelit kiinnitetään puristimillaan vanteihin kummallekin puolelta venettä ja toinen pää pudotetaan mereen (kuva 6.17.). Samaan tarkoitukseen voi käyttää myös ankkuriketinkä, joka kierretään vanttiruuvien ympärille muutama kierros ja vapaa pää pudotetaan veteen.



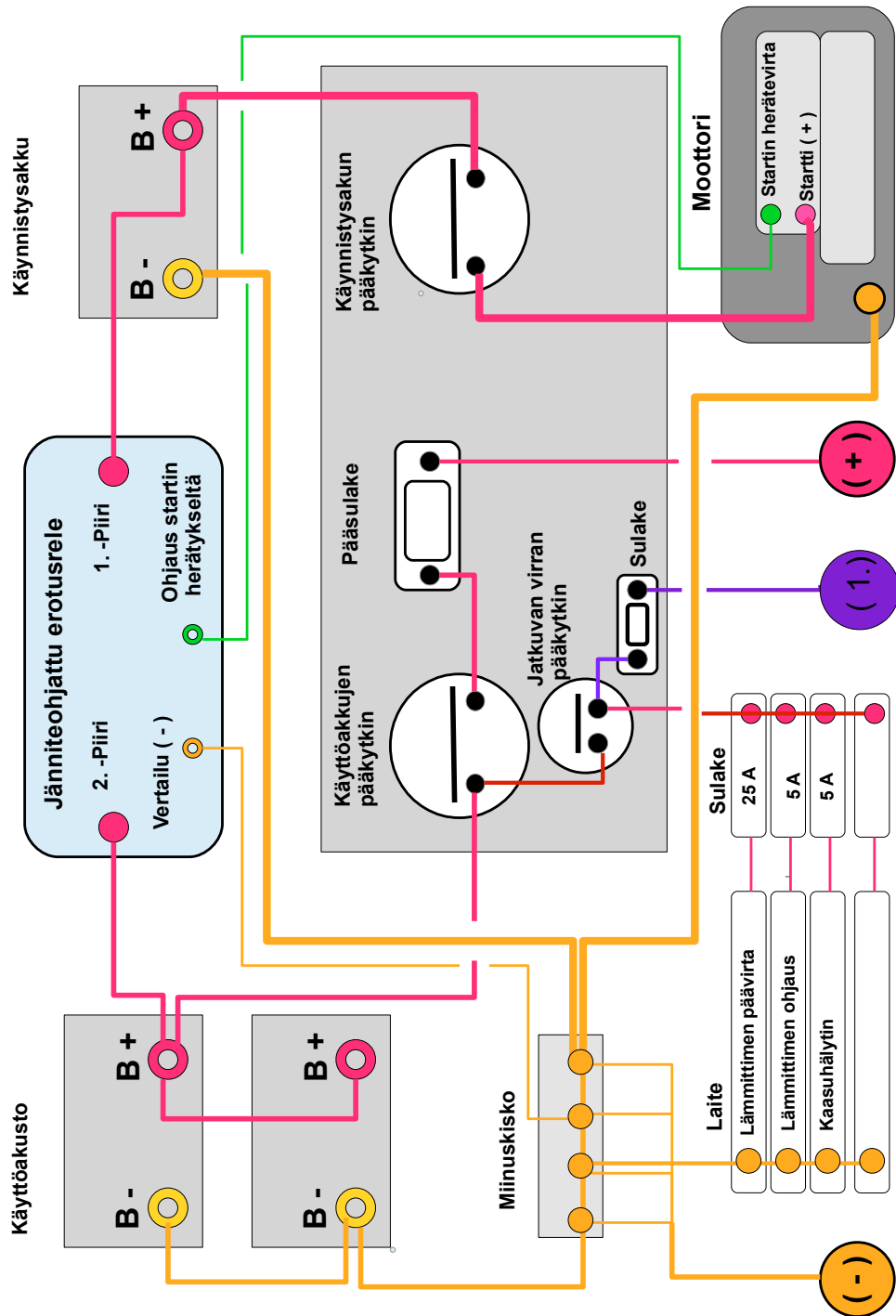
6.17. Auton käynnistyskaapeleilla toteutettu hätämaadoitus.

Oli maadoitusta tai ei, on vene joka tapauksessa ympäristöönsä korkeampi, ja siksi todennäköisin salaman iskun kohde. Veneen kohdalla etäisyys pilveen on lyhyempi kuin muualla.

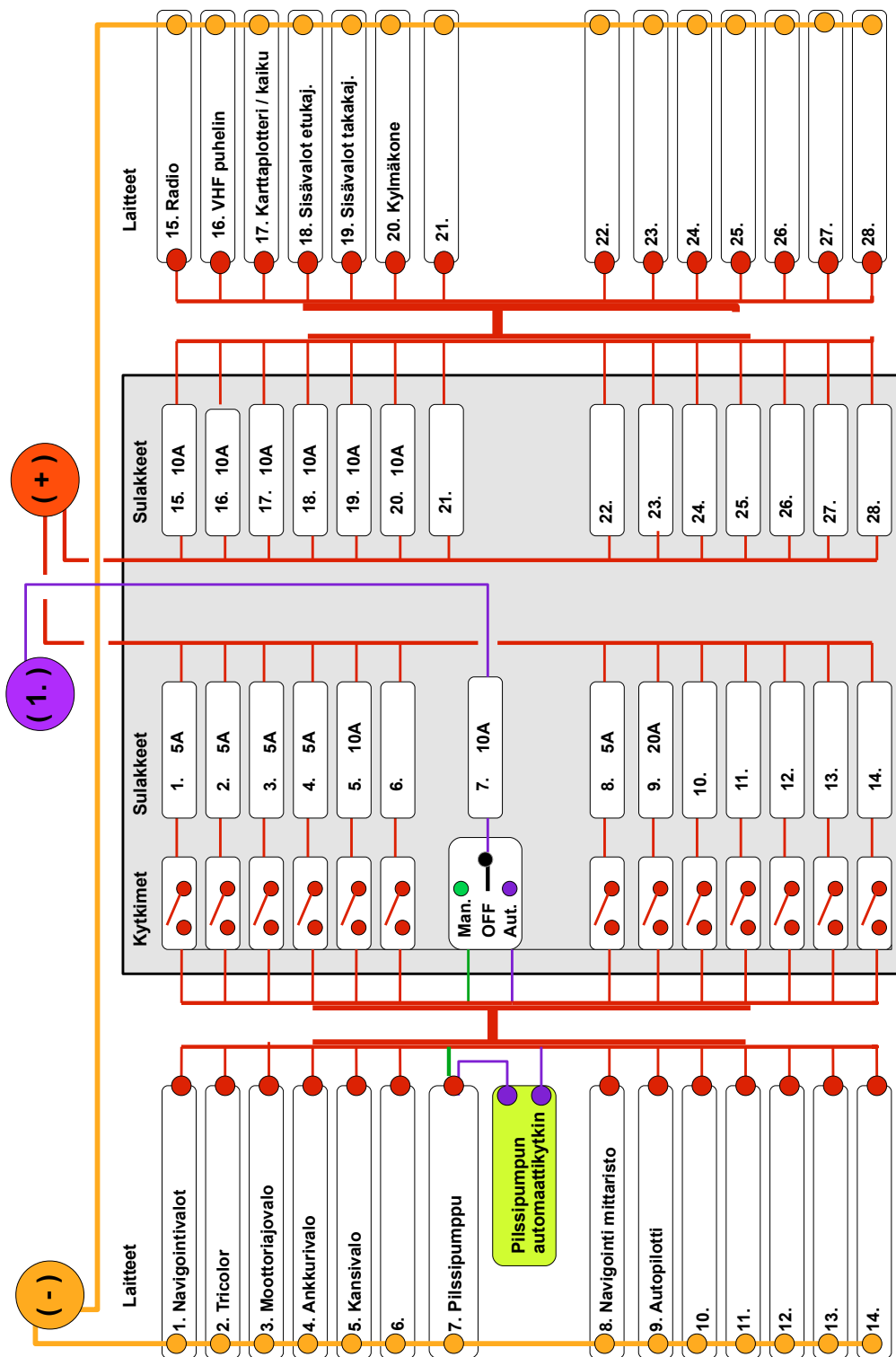
Salaman iskun kohteeksi joutuminen Suomessa on harvinaista. Mutta jokainen salama osuu aina kuitenkin johonkin. Suomessa arvioidaan salaman iskevän veneeseen keskimäärin kerran vuodessa.

# KYTKENTÄESIMERKKEJÄ LIITTEISSÄ

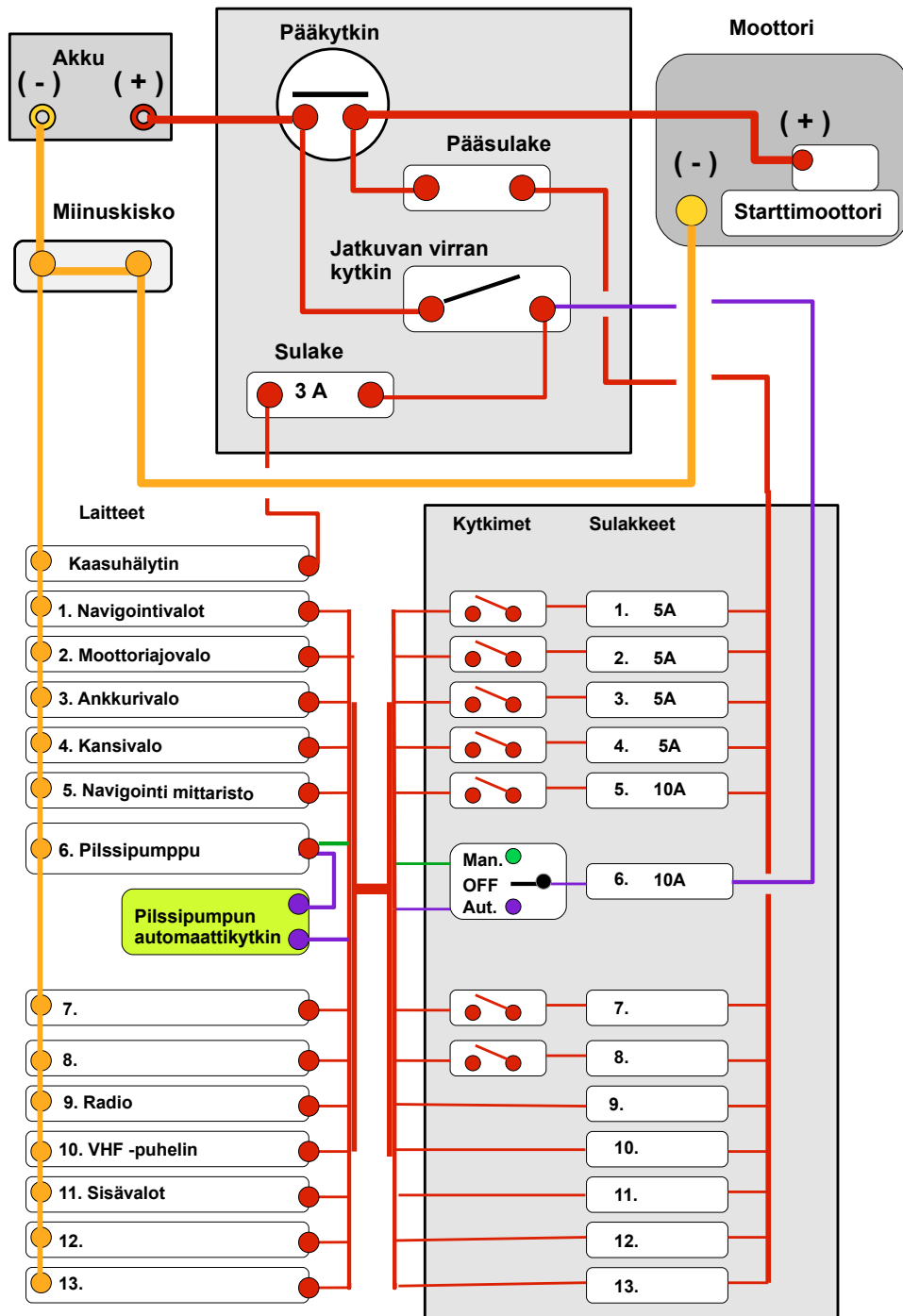
Liitetiedostot ovat tulostettavissa SPV:n Campuksesta Sähkö ja vene kurssialueelta. Liitetietoja voit hyödyntää oman veneesi sähköjärjestelmien dokumentoinnissa.



Liite 1.1. Kahden akun järjestelmä.

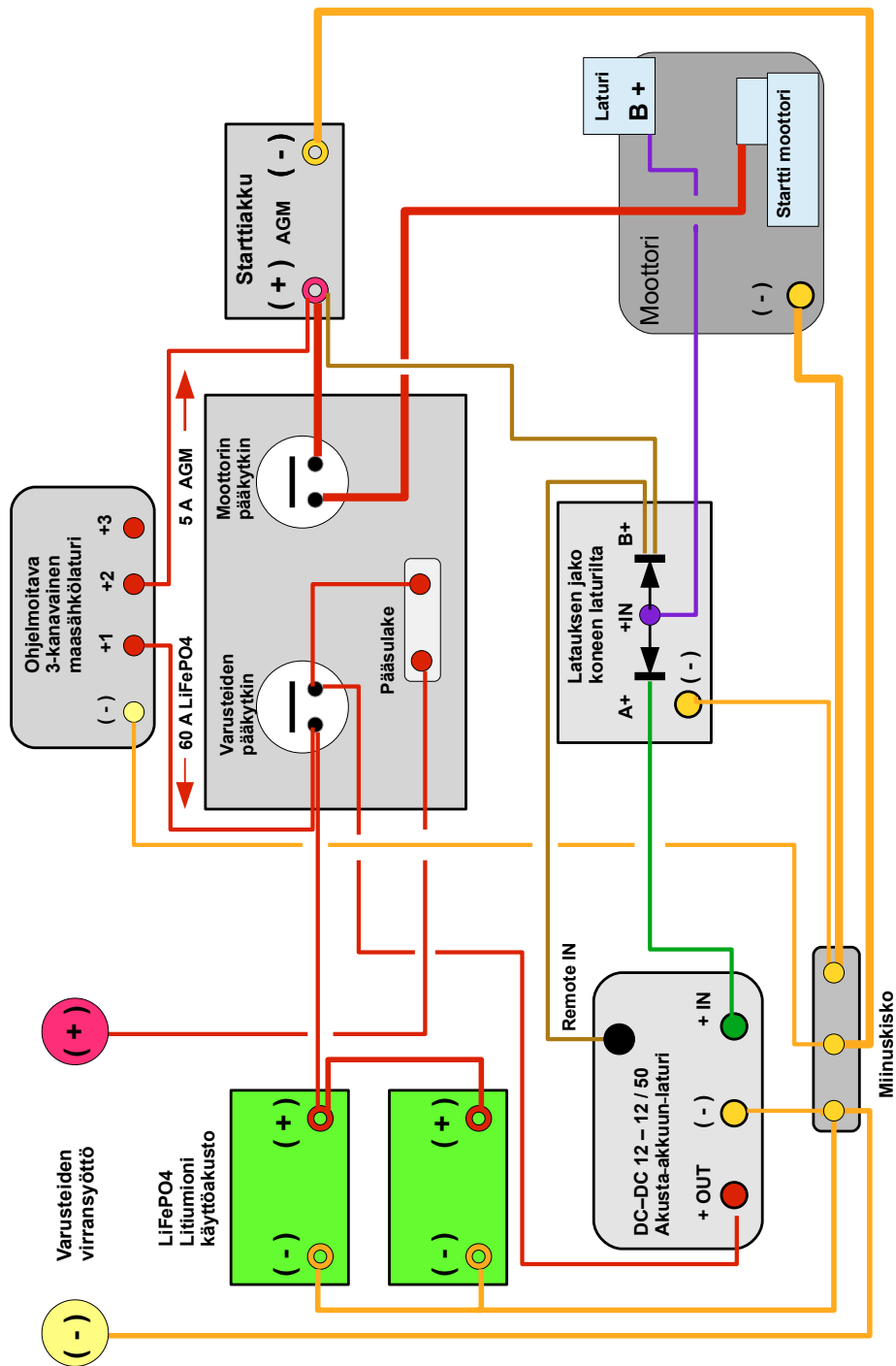


Liite 1.2. Kytkinpaneeli ja sulaketaulu.



Liite 2. Yhden akun järjestelmä.





Liite 3. Litiumioni-akuston kytkentä akusta-akkuun -laturilla.



Suomen Purjehdus ja Veneilyn (SPV)

**Sähkö ja Vene 2024** -oppaassa

kerrotaan, kuinka suunnittelet uudistuksia, ratkaiset ongelmia ja teet kausihuoltoa oman veneesi sähköasennuksiin.

Veneesi sähkö- ja elektroniikkalaitteiden sekä -järjestelmien tulee olla teknisesti toimivia, luotettavia sekä turvallisia käyttää kaikissa olosuhteissa. Veneesi päällikkönä ja omistajana vastuu näiden toimimisesta on sinulla. Opas on hyvä pitää aina veneessä mukana!

SPV on suomalaisten veneilyseurojen etujärjestö. Yhteistyössä seurojen ja muiden veneilykoulutusjärjestöjen kanssa kannustamme jokaista veneilijää kouluttautumaan ja edistämään positiivista veneilykulttuuria, jonka luovat vastuuntuntoiset ja asiansa osaavat sekä myönteisen veneilyturvallisuusasenteen omaavat veneilijät omilla teoillaan ympäristöstään huolehtien.

Veneesi merikelpoisuutta voit ylläpitää SPV:n katsastusjärjestelmän tukena. Veneesi saat katsastettua vuosittain, kun kuulut vene- tai pursiseuraan. Veneilytietojasi ja -taitojasi voit kehittää SPV:n jäsenseurojen tarjoamilla veneilykursseilla aina Kansainvälisen huviveneenkuljettajan pätevyyteen asti.

