



Raili Alanen

Veneiden uudet energiajärjestelmät

ISBN 978-951-38-7496-4 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)
ISSN 1459-7683 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)

Copyright © VTT 2010

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

VTT, Vuorimiehentie 5, PL 1000, 02044 VTT
puh. vaihde 020 722 111, faksi 020 722 4374

VTT, Bergsmansvägen 5, PB 1000, 02044 VTT
tel. växel 020 722 111, fax 020 722 4374

VTT Technical Research Centre of Finland, Vuorimiehentie 5, P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland
phone internat. +358 20 722 111, fax + 358 20 722 4374

Toimitus Mirjami Pullinen



Tekijä(t) Raili Alanen		
Nimeke Veneiden uudet energiajärjestelmät		
Tiivistelmä Veneiden uudet energiajärjestelmät -projektissa tutkittiin ja osin myös testattiin veneilyyn liittyviä energiaa ja ympäristöä säästäviä, lähinnä sähkötekniisiä ratkaisuja ja tuotteita. Tärkeimpänä tutkimuskohteena olivat uusiutuvien energialähteiden käyttömahdollisuudet ja niihin liittyvät tuotteet veneissä. Vertailevien mittausten kohteena olivat lyijy- ja litium-akut. Lisäksi tutkittiin akkujen latausta vapaasti pyörivän sähköpropulsiomootorin avulla laivalaboratoriossa. Testiveneenä oli 12-metrinen purjeverene, johon oli asennettu litium-akusto ja sähköpropulsiojärjestelmä sekä mittausten keruujärjestelmä. Lisäksi tutkittiin aurinkopaneelin käyttöä akkujen lataamiseen. Projektissa ideoitiin energiatehokkaita ratkaisuja sekä yhteistyöyritysten että ulkopuolisten yritysten kanssa. Lisäksi tehtiin asiakasmielipidehaastattelu venemessuilla. Oli selvästi nähtävissä, että erityyppisille vihreille ja energiaa säästäville ratkaisuille on tarvetta myös venealalla. Vuoden 2009 vesikulkuneuvorekisterin tietojen mukaan arvioituna yli 20 hv:n perämootoriveneet ja dieselkäyttöiset sisämootoriveneet aiheuttavat suurimman polttoainekulutuksen ja suurimmat päästöt. Sähkämootorien käyttö polttomootorien sijaan tai isommissa veneissä hybridijärjestelmänä nähtiin ympäristöystävällisenä tulevaisuuden ratkaisuna etenkin, jos sähkö tuotetaan uusiutuvista energialähteistä. Myös biopolttoaineet ovat tulossa veneilyyn. Pitkäikäiset ja energiatehokkaat litium-akut antavat mahdollisuuden niiden käyttöön myös veneilyajan ulkopuolella. Veneiden sähköjärjestelmissä laitteiden yhteensopivuus tiedonsiirtoväylä-ratkaisujen muodossa mahdollistaa asiakkaita palvelevan automaation ja informaatiojärjestelmän kehittymisen. Venealalla onkin suuri potentiaali uusien automaattisten, opastavien ja informatiivisten tuotteiden kehitykselle samalla, kun veneiden ja niihin liittyvien laitteiden monipuolisempaa ympärivuotista käytettävyyttä parannetaan.		
ISBN 978-951-38-7496-4 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		
Avainnimeke ja ISSN VTT Working Papers 1459-7683 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		Projektinumero 37942
Julkaisuaika Joulukuu 2010	Kieli Suomi	Sivuja 86 s.
Projektin nimi Vene-ene	Toimeksiantaja(t) Tekes, Oy Merinova Ab, Oy Finnish Electric Vehicle Technologies Ltd, Electric Ocean Oy	
Avainsanat Clean boat, green boat, batteries, energy efficiency	Julkaisija VTT PL 1000, 02044 VTT Puh. 020 722 4520 Faksi 020 722 4374	

Sisällysluettelo

Käytetyt lyhenteet	6
1. Johdanto	7
2. Tavoite	9
3. Venetyypit ja tilastot	10
3.1 Sähköveneet ja sähkömoottorit	14
3.2 Työveneet	14
3.3 Veneiden energiaa tarvitsevat varusteet	16
4. Veneiden uusiutuvat energialähteet	19
4.1 Aurinkoenergia	19
4.2 Tuulienergia	22
4.3 Aaltoenergia	24
5. Lämpöenergian talteenotto ja lämpöenergian uudet varastointimateriaalit	25
6. Polttokennot	27
7. Veneiden sähkölaitteet ja akusto	29
7.1 Venekäyttöön soveltuva akkuteknologia	30
7.1.1 Lyijyakut	30
7.1.2 Lyijy-hiiliakut	32
7.1.3 Nikkeli-kadmium-akut (NiCd) ja nikkeli-metallihydridi-akut (Ni-Mh)	33
7.1.4 Natrium-akut	33
7.1.5 Litium-ioni-akut	34
7.2 Akkuja koskevat standardit	36
8. Veneiden sähkömoottorijärjestelmät	38
8.1 Hybridimoottorijärjestelmät	38
8.1.1 Sarjahybridit	39
8.1.2 Rinnakkaishybridit	41
8.2 Uusiutuvat ja monihybridijärjestelmät	42
8.3 Sähköpropulsiomootorit	42
8.4 Kestomagneettimoottorit	44
9. Polttoaineiden kulutus ja biopolttoaineet	46
9.1 Polttoaineiden kulutus	46
9.2 Biopolttoaineiden mahdollisuudet veneilyssä	48
10. Älykkäät ohjelmistot ja nykyaikaiset ohjausjärjestelmät	50
10.1 Järjestelmäautomaatio	50
10.2 Muistava ja opastava ohjausautomaatio ja veneen laitteiden informaatiojärjestelmä	51
10.3 Navigointiautomaatio ja reitinvalinta-automaatio	52
10.4 Veneen muiden ulkopuolisten tietojen informaatiojärjestelmä	54

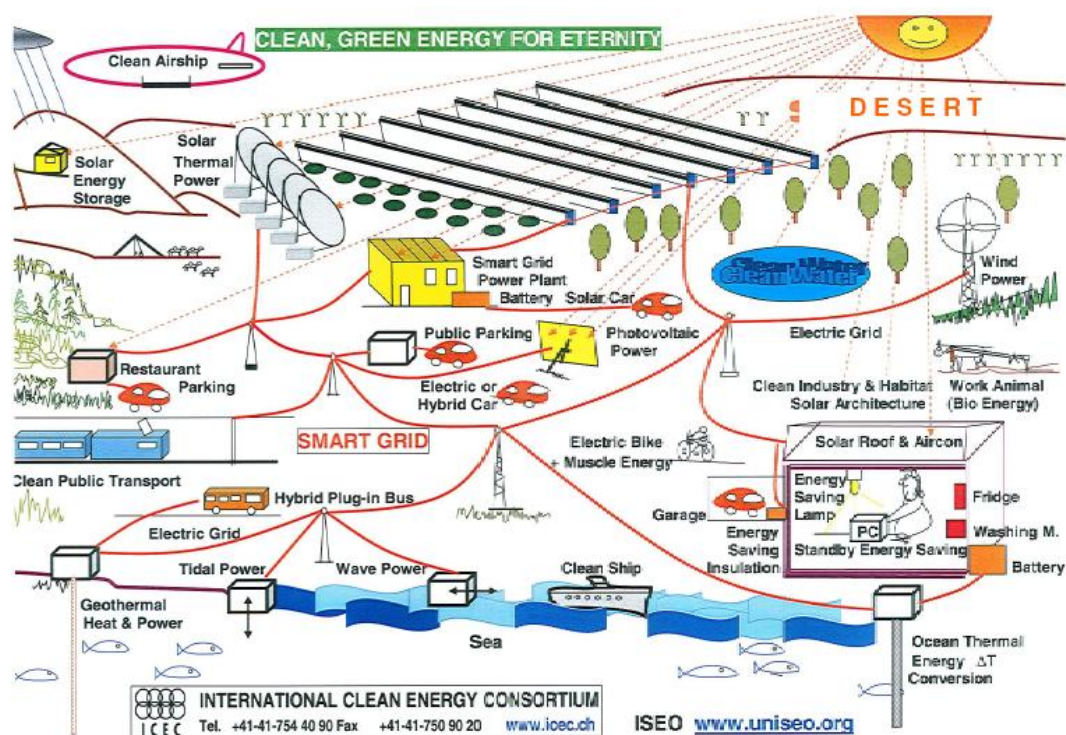
11. Testaukset ja mittaukset	56
11.1 Purjevene litium-akuston ja sähköpropulsiolaitteen testausympäristönä.....	56
11.2 Sähköpropulsiolaitteiston testaus laivalaboratoriossa.....	57
11.3 Akkujen lataus-purkaus-hyötysuhteen testaus ja vertailu.....	60
11.4 Aurinkopaneelin testaus.....	66
12. Yhteenveto veneiden energianhallintaan liittyvistä potentiaalisista uusista konsepteista.....	68
12.1 Monimuotohybridit energian tuotantoon.....	69
12.2 Akstoratkaisujen optimointi, standardointi ja laajennettu käyttö.....	70
12.3 Uudet tietotekniset ratkaisut.....	71
13. Veneilijöiden mielipiteiden kartoitus.....	73
14. Yhteenveto.....	83
Lähdeluettelo.....	85

Käytetyt lyhenteet

AC	<i>Alternating Voltage</i> , vaihtojännite
AGM	<i>Absorbent Glass Mat</i> , lasikuitukangas (akussa)
CAS	<i>Compressed Air Storage</i> , paineilmaparasto
CENELEC	<i>European Committee for Electrotechnical Standardization</i>
DC	<i>Direct Voltage</i> , tasajännite
DC	<i>Day Cruiser</i> , päiväristeilijä
DOE	<i>Department of Energy (U.S.)</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i> , satelliittipaikannusjärjestelmä
HT	<i>Hard Top</i> -veneet
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc</i>
LED	<i>Light-Emitting Diode</i> , loistediodi
Li	litium
NaS	natriumsulfidi
NiCd	nikkeli-kadmium
NiMH	nikkeli-metallihydridi
NREL	<i>National Renewable Energy Laboratory</i>
PAH	polyaromaattisten hiilivety
PCM	<i>Phase Change Material</i> , faasimuutosmateriaalit
PCS	<i>Power Conditioning System</i> , verkkoonliitännäyksikkö
PV	<i>Photo Voltaic</i> , aurinkosähkö
SAR	<i>Search and Rescue</i> , etsintä- ja pelastustoiminta
ZnBr ₂	sinkki-bromidi

1. Johdanto

Veneily ja veneet voidaan nähdä osana kokonaisjärjestelmää (Kuva 1-1), jossa tavoitteena on ympäristön huomioiminen tuotteissa, järjestelmissä ja niiden käytössä.



Kuva 1-1. Veneily ja veneet ovat osa yhteiskunnan ympäristöystävällisempää (*clean-green*) järjestelmää. Lähde: ISEO.

Kasvava ympäristöarvojen huomioiminen veneilyssä sekä veneilijöiden laajenevat mukavuusvaatimukset asettavat uusia vaatimuksia myös veneiden energiajärjestelmille. Toisaalta materiaalien, laitteiden ja järjestelmien kehitys tuo uusia mahdollisuuksia toteuttaa näitä vaatimuksia myös veneiden energian hallinnassa. Hybridijärjestelmät, uusiutuvien energialähteiden hyödyntäminen ja esimerkiksi biodieselin käyttö antavat mahdollisuuksia ympäristölle haitallisten päästöjen vähentämiseen myös moottoriveneilyssä.

1. Johdanto

Veneissä voi olla merkittävä määrä sähkölaitteita, ja lisäksi sähkölaitteiden määrä ja siten myös energiankulutus ovat jatkuvasti kasvamassa. Liedet, kahvinkeitin, jääkaapit, mikroaaltouunit ja myös audiovisuaaliset laitteet ja tietokoneet ovat tulleet veneisiin. Myös ilmastointi- ja lämmityslaitteiden käyttö ja vaatimukset ovat kasvaneet. Kulutuslaitteiden tarvitseman energian kasvu merkitsee veneissä myös suurempitehoisia ja painavampia akustoja ja koko DC-järjestelmää. Uusien energiatehokkaiden akkujen käyttö ja uusiutuvien energialähteiden avulla tapahtuva akkujen lataus avaavat mahdollisuuksia käyttäjien lisääntyneiden energiatarpeiden ekotehokkaaseen tyydyttämiseen.

2. Tavoite

Projektin päätavoitteena on tarkastella uusien energian tuotanto- ja hallintalaitteiden antamia mahdollisuuksia veneiden kehityksessä, kun kokonaistavoitteena ovat veneiden uudet ympäristöystävällisemmät ja tehokkaammat kokonaisratkaisut. Kohderyhmänä ovat lähinnä isot, yli 7-metriset huvi- ja työveneat.

Veneet muodostavat vaativan käyttöympäristön energiajärjestelmille. Tässä projektissa toisaalta etsitään uusia innovatiivisia ratkaisuja ja toisaalta huomioidaan eri venetyyppien, käyttöolosuhteiden ja niihin liittyvien standardien ja direktiivien sekä muiden vaatimusten asettamat rajoitukset.

Projektin tavoitteena on myös tutkia uusien akku- (esim. litium-akku) ja superkondensaattorijärjestelmien hyödyntämistä innovatiivisissa veneissä ja selvittää mahdolliset rajoitukset ja tarpeet. Lisäksi projektissa muodostetaan energiajärjestelmän toteutuskonseptit, joissa huomioidaan uusiutuvien energialähteiden innovaatioiden (joustavat aurinkokennot, tuulivoima, hybridijärjestelmien ja sähköpropulsion käyttö lataukseen jne.) hyödyntämismahdollisuudet. Lopuksi tarkastellaan asiakkaiden näkemyksiä uusista venealan energiaratkaisuista.

3. Venetyypit ja tilastot

Veneiden luokitusta koskee Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2003/44/EY (annettu 16.6.2003). Direktiivin mukaan huviveneet jaotellaan suunnitteluluokkiin A–D oheisen taulukon mukaisesti (Taulukko 3-1).

Taulukko 3-1. Huviveneiden suunnitteluluokat.

Suunnitteluluokka	Tuulen voimakkuus (boforia)	Merkitsevä aallonkorkeus (H1/3, metriä)
A – valtameri	yli 8	yli 4
B – avomeri	enintään 8	enintään 4
C – rannikko	enintään 6	enintään 2
D – suojaisat vedet	enintään 4	enintään 0,3

Päätyypiltään huviveneet ovat joko purjeveneitä tai moottoriveneitä. Moottoriveneet voivat olla avoveneitä (yhteys- ja kalastusveneet), retkiveneitä (tuulilasiveneet, HT *hard top* -veneet ja DC *Day Cruiser* -veneet) tai asuttavia matkaveneitä, jotka ovat tyypillisesti yli 7 metrin pituisia. Suomessa myydyimmät moottoriveneet ovat alle 5,5-metrisiä.

Suomessa on rekisteröityjä veneitä tällä hetkellä (vuoden 2009 tilastot) 254 008 kappaletta, joista purjeveneitä 11 427 ja moottoripurjehtijoita 1 032 kappaletta. Rekisteröintivelvollisuus koskee vain vähintään 5,5 m veneitä tai veneitä, joissa on vähintään 15 kW tehoinen moottori. Seuraavissa taulukoissa (Taulukko 3-2–Taulukko 3-5) on tarkasteltu erityyppisiä veneitä ja niissä käytettyjen moottorien tehoja.

3. Venetyypit ja tilastot

Taulukko 3-2. Rekisteröidyt moottoripurjehtijat ja niissä käytetyt moottorit.

Veneen pituus l/m	Lukumäärä /kpl	Moottorin tehoalue /kW	Keskim. moottoriteho /kW	Polttoaine/bensiini	Polttoaine/diesel	Sähkömoottori
l<6	3	4-29	13	3	0	0
6<l<7	48	3-26	8	16	32	0
7<l<8	123	2-5	15	15	108	1
8<l<9	167	3-60	23	7	161	1
9<l<10	114	3-99	32	0	114	0
10<l<11	172	6-107	48,5	4	168	0
11<l<12	85	10-162	62	1	84	0
12<l<13	19	22-88	60	1	18	0
13<l<14	24	21-121	74	0	24	1
14<l<15	9	59-173	86	0	10	0
15<l<17	5	54-162	100	0	5	0
17<l<23	6	54-365	155	0	6	0

Taulukko 3-3. Rekisteröidyt sisämoottoriveneet ja niissä käytetyt moottorit.

Veneen pituus l/m	Lukumäärä /kpl	Moottorin tehoalue /kW	Keskim. moottoriteho /kW	Polttoaine/bensiini	Polttoaine/diesel	Sähkömoottori	Polttoaine/diesel
l≤6	513	2-478	35	227	282	1	268
6≤l<7	3339	1-385	34	598	2729	5	2506
7≤l<8	6371	2-324	46	644	5695	6	5112
8≤l<9	4409	1-370	64	266	4123	4	3435
9≤l<10	3205	4-331	76	95	3103	0	2523
10≤l<11	2016	11-368	99	30	1971	2	1477
11≤l<12	833	13-368	117	13	814	0	632
12≤l<13	439	13-430	143	4	425	1	313
13≤l<14	255	33-706	167	1	245	1	174
14≤l<15	420	11-460	174	6	404	0	310
15≤l<20	278	28-651	195	1	267	0	195
20≤l<35	82	46-497	195	1	73	0	53

3. Venetyypit ja tilastot

Taulukko 3-4. Rekisteröidyt perämoottoriveneet ja niissä käytetyt moottorit.

Veneen pituus l/m	Lukumäärä /kpl	Moottorin tehoalue /kW	Keskim. moottoriteho /kW	Polttoaine/bensiini	Polttoaine/diesel	Sähkömoottori
l<6	68617	2-552	50	68440	80	2
6<l<7	7501	3-846	76	7456	30	4
7<l<8	926	3-257	84	862	57	2
8<l<9	112	3-60	23	85	26	0
9<l<10	61	1-340	90	46	15	0
10<l<46	91	1-340	91	77	12	0

Taulukko 3-5. Rekisteröidyt sisäperämoottoriveneet ja niissä käytetyt moottorit.

Veneen pituus l/m	Lukumäärä /kpl	Moottorin tehoalue /kW	Keskim. moottoriteho /kW	Polttoaine/bensiini	Polttoaine/diesel	Sähkömoottori
l<6	1809	4-269	98	1666	143	0
6≤l<7	2835	3-346	119	1891	940	2
7≤l<8	2882	3-449	131	1062	1813	0
8≤l<9	1856	4-390	155	419	1424	0
9≤l<10	852	9-543	170	113	728	0
10≤l≤102	759	10-1691	194	83	662	1

Rekisteröityjä sähkömoottorilla varustettuja veneitä on 64 kappaletta (Taulukko 3-6). Suurin käytetty sähkömoottorikoko oli 237 kW.

Taulukko 3-6. Sähkömoottorilla varustettuja veneitä 2009 rekisteröintitietojen mukaan.

Vesikulkuneuvo- tyyppi	Vesikulkuneuvon pituus (m)	Moottorin teho (hv)	Moottorin teho (kw)	Vesikulkuneuvojen lkm	Vesikulkuneuvo- tyyppi	Vesikulkuneuvon pituus (m)	Moottorin teho (hv)	Moottorin teho (kw)	Vesikulkuneuvojen lkm
Sisämoottorivene	5,8	3	2	1	Purjevene	5,7	1	1	1
Sisämoottorivene	6,4	10	7	1	Purjevene	6,00	1	1	2
Sisämoottorivene	7,8	20	15	1	Purjevene	6,05	1	1	1
Sisämoottorivene	8,00	25	18	1	Purjevene	6,06	1	1	1
Sisämoottorivene	6,6	27	20	1	Purjevene	6,2	2	1	1
Sisämoottorivene	7,1	30	22	1	Purjevene	6,5	1	1	2
Sisämoottorivene	7,1	34	25	1	Purjevene	6,6	1	1	1
Sisämoottorivene	7,05	34	25	1	Purjevene	7,00	1	1	1
Sisämoottorivene	6,5	35	26	1	Purjevene	7,00	2	1	1
Sisämoottorivene	6,45	42	31	1	Purjevene	7,3	1	1	1
Sisämoottorivene	8,00	44	32	1	Purjevene	8,69	2	1	1
Sisämoottorivene	7,00	49	36	1	Purjevene	9,6	1	1	1
Sisämoottorivene	8,9	49	36	1	Purjevene	8,3	3	2	2
Sisämoottorivene	7,65	50	37	1	Purjevene	7,5	4	3	1
Sisämoottorivene	6,9	60	44	1	Purjevene	8,00	4	3	1
Sisämoottorivene	10,8	95	70	1	Purjevene	6,85	5	4	1
Sisämoottorivene	10,6	210	155	1	Purjevene	7,5	5	4	1
Sisämoottorivene	8,2	232	171	1	Purjevene	9,1	5	4	1
Sisämoottorivene	13,00	238	175	1	Purjevene	11,5	5	4	1
Sisämoottorivene	12,46	322	237	1	Purjevene	6,64	7	5	1
Perämoottorivene	6,1	1	1	1	Purjevene	8,2	7	5	1
Perämoottorivene	6,6	1	1	1	Purjevene	9,9	7	5	1
Perämoottorivene	6,1	3	2	1	Purjevene	10,00	8	6	1
Perämoottorivene	5,7	1	1	1	Purjevene	9,45	12	9	1
Perämoottorivene	7,66	4	3	1	Purjevene	10,3	15	11	1
Perämoottorivene	7,00	22	16	1	Purjevene	7,7	21	15	1
Perämoottorivene	5,75	36	26	1	Purjevene	5,6	54	40	1
Perämoottorivene	6,75	65	48	1	Moottoripurjehtija	7,75	5	4	1
Sisäperämoottorivene	11,00	64	47	1	Moottoripurjehtija	8,3	24	18	1
Sisäperämoottorivene	6,58	120	88	1	Moottoripurjehtija	13,3	120	88	1
Sisäperämoottorivene	6,8	130	96	1					

Rekisteröidyissä veneissä on yhteensä 122 368 erityyppistä moottoria (Taulukko 3-7), joiden yhteenlaskettu nimellisteho on 6 240 050 kW.

Taulukko 3-7. Veneiden moottorien lukumäärä ja moottoriteho 2009 rekisteröintitietojen mukaan.

Polttoaine	Kpl	Moottoriteho yhteensä (kW)
Bensiini	87677	4141692
Diesel	34627	2106512
Sähkö	64	1755

3. Venetyypit ja tilastot

3.1 Sähköveneet ja sähkömoottorit

Vaikka veneiden polttomoottorien kehitys on ollut viime vuosikymmeninä merkittävää (vrt. suorasuihkutus + nelitahtimoottori), polttomoottorien käytöstä ympäristölle aiheutuvat haitat, kuten päästöt ilmaan ja veteen, melu ja fossiilisen polttoaineen käyttö, ovat yksi syy, miksi sähkömoottorien käyttö on lisääntymässä. Myös aallonmuodostus voi olla ongelma sisävesillä. Haittojen takia esimerkiksi Keski-Euroopan suurissa järvissä on asetettu rajoituksia vesillä olevien moottoriveneiden yhtäaikaiselle lukumäärälle. Purjeveneiden lisäksi purje + sähkö- tai sähkömoottoriveneiden (Kuva 3-1) suosio onkin taas kasvamassa. Lisäksi sähkömoottoreilla voidaan täydentää polttomoottoreita, jolloin vältetään esimerkiksi kahden polttomoottorin käytöltä ja joillakin yhdistelmätyypeillä säästetään polttoaineen kulutuksessa jopa 50 % ja painossa 5 % tai enemmän. Kaksoisjärjestelmässä sähköpropulsiota käytetään akuston lataamiseen ja esimerkiksi hiljaisempaan satama-ajoon.



Kuva 3-1. Esimerkki sähköveneestä.
Lähde: Lear Boat.



Akkujärjestelmän ominaisuuksilla on sähköveneessä suuri merkitys. Useat valmistajat (esim. Bosch) käyttävätkin veneessään litium-akkuja, jotka ovat keveämpiä ja joilla on pidempi elinkaari sekä paremmat kuormitusominaisuudet kuin perinteisillä lyijyakuilla.

3.2 Työveneet

Työveneiden käyttöalueita ovat esimerkiksi

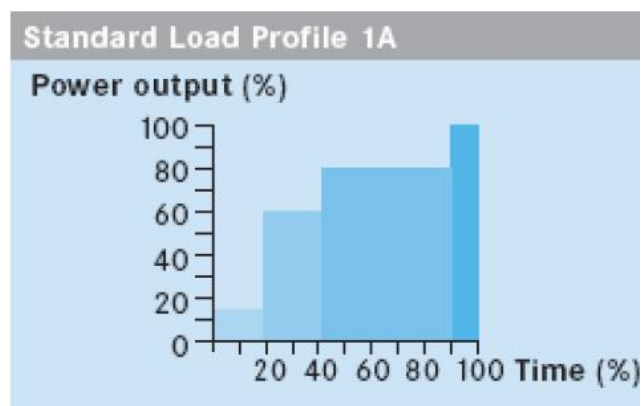
- etsintä- ja pelastustoiminta (SAR, *Search and Rescue*)
- öljyntorjunta
- palontorjunta

- kalastus
- tulli ja muut viranomaistoimitukset
- luotsi
- väylänhoito
- maantielautat
- venekuljetukset
- tutkimus.



Kuva 3-2. Serecraft-työvene.

Työveneiden tyypillinen toiminta käsittää nopean lähestymisajon ja hitaan, äänettömän toiminta-ajon pienemmällä teholla. Seuraavassa kuvassa on esitetty työveneen tyypillinen kuormaprofiili (Kuva 3-3). Eri ajotyyppien tehon vaihtelua voidaan kattaa muun muassa hybridiratkaisuilla, joissa hidas ajovaihe hoidetaan sähkömoottorin ja nopea ajovaihe polttomoottorin avulla.



Kuva 3-3. Työveneen tyypillinen kuormaprofiili. [11]

3. Venetyypit ja tilastot

3.3 Veneiden energiaa tarvitsevat varusteet

Veneiden sähköenergian kulutus riippuu muun muassa varustetasosta, joka vaihtelee venetyypin, veneen valmistajan, koon, hinnan ja lopulta asiakkaan lisävarusteluvaatimusten mukaisesti. Retkiveneet ovat tyypillisesti varustukseltaan vaatimattomampia kuin matkaveneet. Seuraavassa taulukossa (Taulukko 3-8) on erään moottorivenevalmistajan ilmoittama varustelutaso 6,5–8,5-metrisille matkaveneille.

Taulukko 3-8. Erään valmistajan ilmoittama varustelutaso eripituisille veneille.

Pituus	6,5 m	7,05 m	7,61 m	8,48 m
Leveys /m	2,42	2,47	2,72	2,95
Paino /kg	1 200	1 200	2 250	2 750
Tankki /l	120	67	220	240
Lisätankki /l	13	13	55	70
Uppoama /m	0,80	0,60	0,85	0,9
Moottori/kW	107	20	125	169
CE	c	c	c	c
Tuulilasin pyyhkijä	1	2	2	2
Lämpöpuhallin tuulilasille	x	-	x	x
Pilssipumppu sähkö	-	-	x	x
Liesi	x	x	x	x
Lämmitin	x	o	x	x
Jääkaappi	o	o	x	x (50 l)
CD/radio, kaiuttimet	o	o	o	o
Lämminvesijärjestelmä	o	-	o	o
Painevesijärjestelmä	o	o	x	x
WC+septitankki	x	x	x	x
2-akkujärjestelmä	o	o	x	x
Maasähköjärjestelmä	o	o	o	o
Valonheitin (kauko-ohj.)	o	o	o	o

x = vakiovaruste, o = lisävaruste

Veneen sähkönkulutus riippuu paitsi sähköllä toimivista varusteista, myös niiden käytöstä. Seuraavassa taulukossa (Taulukko 3-9) on esitetty esimerkkinä 14-metrisen purjeveneen sähkölaitteiden kulutusarvioita. Arvioitu käyttöaika vaihtelee käyttötapojen, käyttäjien määrän sekä matkatyyppin ja -pituuden mukaan.

3. Venetyypit ja tilastot

Taulukko 3-9. Esimerkki 14-metrinen purjevereen varusteiden sähkönkulutuksesta. (Lähde osittain: Vene 4/2008.)

		Kulutus Ah/1h	Arvioitu käyttö h/vrk	Kulutus Ah/vrk
Valaistus				
Keulahytti	Led-lukuvalot (x2)	0,8	1	0,8
	Kattovalo	1,67	1	1,67
Keulavessa	Kattovalo	1,67	0,5	0,835
	Peilivalo	1,67	0,5	0,835
Salonki	Kattovalo (x3)	5	0,5	2,5
	Led-valot (x12)	4,8	6	28,8
	Karttapöydän led	0,3	1	0,3
Salongin vessa	Kattovalo	1,67	0,5	0,835
	Peilivalo	1,67	0,5	0,835
Perähytti 1	Led-lukuvalot (x2)	0,8	1	0,8
	Kattovalo	1,67	1	1,67
Perähytti 2	Led-lukuvalot (x2)	0,8	1	0,8
	Kattovalo	1,67	1	1,67
Muut valot	Valkoinen valo	2	0	0
	Punainen valo	1	0,5	0,5
	Työvalo mastossa	2,92	1	2,92
Pentteri	Jääkaappi	1	24	24
	Pakastin	1	24	24
	Vesipumppu	3	0,5	1,5
	Mikroaaltouuni	65	0,1	6,5
	Kahvinkeitin	16	0,1	1,6
Hyötyelektroniikka	Karttaplotteri	1,5	14	21
	Autopilotti + sähkökompassi	1,5	2	3
	Loki	0,05	14	0,7
	Kaiku	0,05	14	0,7
	Tuulimittari	0,07	14	0,98
	Tutka	2	1	2
	VHf valmiustila	0,22	14	3,08
	VHf lähetys 1W	0,08	0	0
	VHf lähetys 25W	2,08	0	0
Viihde-elektroniikka	Televisio	4,5	4	18
	Digiboksi	0,07	4	0,28
	Antennivahvistin	0,05	4	0,2
	Radio	1,5	2	3
	CD-soitin	2,5	2	5
Muut	Sähkövinssi	50	0,01	0,5
	Lämmityslaite	1,5	1	1,5
	Kompassin valo	0,03	14	0,42
	Kulkuvalot (led)	0,25	2	0,5
	Mastovallo	0,83	0	0
	Ankkurivalo	0,26	0	0
	Ankkurivinssi (oma akku)	130	0,05	(4,5)
	Keulapotkuri (oma akku)	65	0,1	(6,5)
Yhteensä Ah/vrk				163,23 (174,23)

3. Venetyypit ja tilastot

Yllä esitetyn 14-metrisen purjeveneen tyypillinen akkuvarustelu käsittää kolme rinnankytkettyä 110 Ah:n lyijyakkua (yht. 330 Ah), 75 Ah:n starttiakun ja 110 Ah:n lyijyakun keulapotkuria, ankkurivinssiä ja keulan vesipumppua varten. Lyijyakut voidaan mitoittaa tapauksesta riippuen 30–70 %:iin koko kapasiteetista, joten tässä tapauksessa käyttöön jäisi 110–231 Ah.

Veneiden käyttö asuntovenetyyppisesti lisää sähkölaitteiden varustelutasoa ja kasvattaa sähköenergian tarvetta.

4. Veneiden uusiutuvat energialähteet

Uusiutuvien energialähteiden tehokas hyödyntäminen on yksi tulevaisuuden veneilyn ja merenkulun haasteista. Merellä energialähteitä ovat lähinnä

1. tuulienergia
2. virtausenergia
3. aaltoenergia
4. vuorovesienergia
5. aurinkoenergia
6. valtameren lämpöenergia.

Tuulienergian ja aurinkoenergian lisäksi merenkulussa on hyödynnetty veden kineettistä virtausenergiaa. Myös aaltoenergian käytöstä on useita konsepteja ja toimivia järjestelmiä. Lämpöenergiaa on hyödynnetty esimerkiksi lämpöpumpun avulla laivojen ja veneiden jäähdytyslaitteissa. Vuorovesienergian suora hyödyntäminen laitteistoissa on vaikeampaa.

4.1 Aurinkoenergia

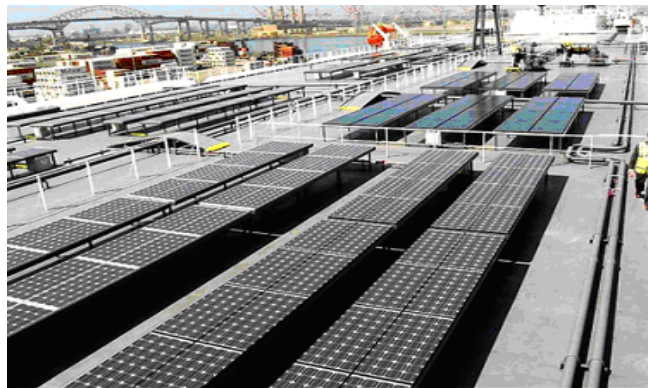
Aurinkoenergiaa on hyödynnetty veneissä akkujen latauksen lisäenergialähteenä, ja varsinkin purjeverneissä on käytetty jo pitkään pienehköjä aurinkopaneeleja tuottamaan sähköä pienten kuluttajien (valot, jääkaappi, mittaristot) tarpeisiin. Aurinkoenergiaa on käytetty myös koko veneen käyttöjärjestelmänä (vrt. Atlantin ylitys aurinkoenergialla toimineella katamaraanilla 2007), jolloin aurinkopaneelit on asennettu tyypillisesti veneen katto-osaan. Pieniä sekä kiinteästi asennettuja että irrallisia, jäykkiä ja taipuisia aurinkopaneeleja käytetään energialähteenä muun muassa purjeverneissä akkujen latauksen apujärjestelmänä (Kuva 4-1). Aurinkokennoteknologian kehittämiseen panostetaan nyt merkittävästi, ja uudet, joustavat aurinkopaneelit ja PV (*Photo Voltaic*) -kankaat luovat uusia mahdollisuuksia aurinkoenergian keräämiseen myös veneiden katossa, kannella, purjeissa, kuomupeitteissä jne.

4. Veneiden uusiutuvat energialähteet



Kuva 4-1. Aurinkopaneelit ja kankaat veneiden energialähteinä.

Aurinkopaneeleita myös rahtilaivan energian lähteenä on jo testattu (Kuva 4-2).



Kuva 4-2. Aurinkopaneelien testausta rahtialuksen energijärjestelmänä Kaliforniassa. Lähde: Berkeleyboatsales.com.

Aurinkokennotekniikan kehityksen merkittävin tavoite on ollut kasvattaa hyötysuhdetta (Kuva 4-3), joka uusimmissa ohuissa ja joustavissa kennoissa (esim. NLV-ohutfilmi-pyriittikomposiitti) on jo luokkaa 38 %, enimmillään 50 %. Quant-konseptisähköauto on pinnoitettu NLV-ohutfilmipaneelilla. Vastaavanlaisia ratkaisuja voidaan ajatella myös veneiden pinnoittamiseen.

4. Veneiden uusiutuvat energialähteet

Monikidepaneelit tuottavat energiaa myös osittain varjossa. Puolijoustavat paneelit taipuvat veneen rungon mukaisesti pienessä kulmassa. Täysin joustavat kennot voidaan kääriä rullalle (Kuva 4-4), ja ne soveltuvat tilapaiseen käyttöön esimerkiksi satama-alueella. Niitä voidaan käyttää muun muassa puomissa purjepussin suojana.



Kuva 4-4. Joustava aurinkopaneeli. Lähde: *Bright Green Energy*.

Aurinkokenno voidaan suunnata myös GPS-järjestelmän avulla. Esimerkki tällaisesta kennosta on [SunMoverin](#) 75 W:n kokoon taittuva kenno (Kuva 4-5). Se painaa 24 kg, ja sen korkeus kokoon taitettuna on 17 cm.



Kuva 4-5. GPS-järjestelmän avulla suuntautuva aurinkokenno. Lähde: SunMover.

Veneissä voidaan hyödyntää myös erillisiä aurinkoenergiavoimaisia laitteita kuten venttiileitä.

4.2 Tuulienergia

Myös tuulienergiaa on mahdollista hyödyntää veneissä akkujen latauksessa käyttämällä esimerkiksi pientä, erillistä tuuliturbiinia (Kuva 4-6). Yhdistämällä tuuli- ja aurinkoenergiajärjestelmiä saadaan tehokas, uusiutuvia energialähteitä hyödyntävä järjestelmä, joka voi tuottaa tasajännitettä tai invertterin avulla vaihtojännitettä veneen sähkölaitteille.

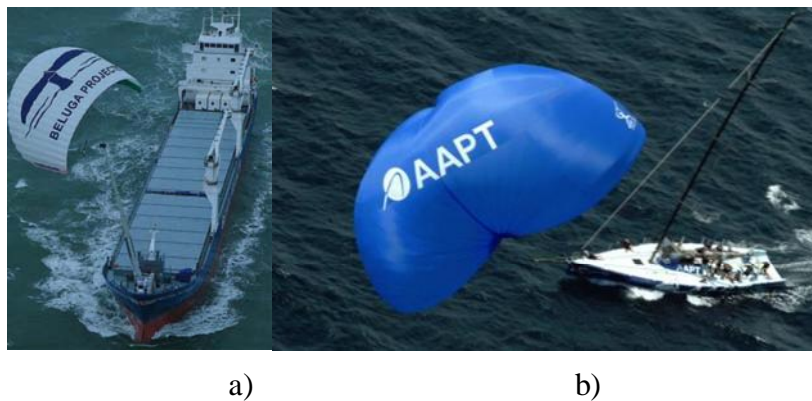
4. Veneiden uusiutuvat energialähteet



Kuva 4-6. Esimerkkejä tuuliturbiineista veneessä. Lähde: EARTHTECH.

Pieniä veneisiin sopivia tuuligeneraattoreita valmistavat esimerkiksi Kiss Energy Systems ja Marlec.

Tuuligeneraattoreiden lisäksi myös leijapurjeita (Kuva 4-7) ollaan soveltamassa rahti- ja kalastusaluksiin sekä suuriin (esim. Skysails) ja pienempiin huviveneisiin (esim. Kiteship). Skysails-järjestelmä toimii parhaiten 3–8 boforin myötätuulessa 90°–270° välillä. Leijan annetaan täyttyä teleskooppimaston päässä ja se ohjataan automaattisesti köyden kiristystä säätämällä 200–300 m:n korkeuteen. Leija voi saavuttaa nopeuden 100 km/h. Täydessä vastatuulessa Skysails-leijapurje ei toimi. Tällä hetkellä käytössä olevien leijapurjeiden pinta-ala on 80–160 m², mutta suunnitelmassa on kasvattaa pinta-ala 320–640 m²:iin. On laskettu, että rahtialuksissa päästäisiin 10–35 %:n vuotuisen polttoainekustannusten säästöön leijapurjetta käyttämällä.

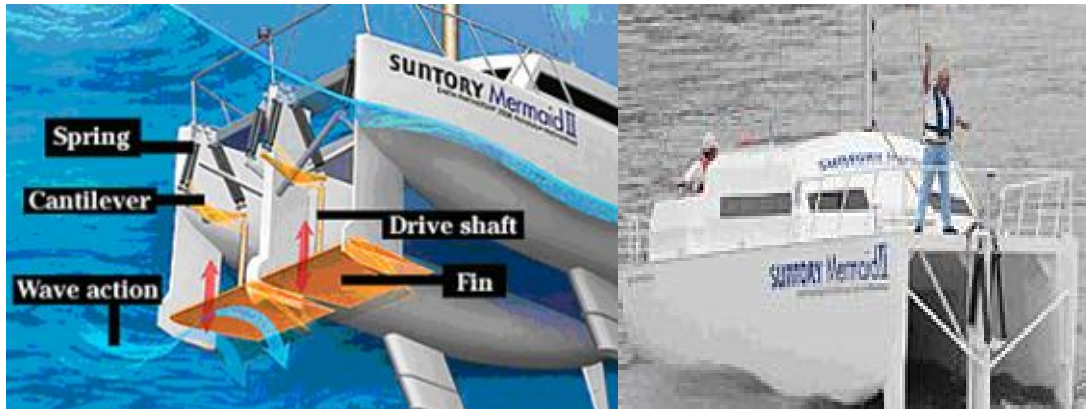


Kuva 4-7. Leijapurje a) rahtialuksessa ja b) huviveneessä. Lähde: a) Skysails ja b) KiteShip.

4. Veneiden uusiutuvat energialähteet

4.3 Aaltoenergia

Aallot hidastavat veneen kulkua, mutta aaltoenergiaa hyödyntävillä järjestelmillä ne voidaan muuttaa hyötyenergiaksi. Oheisessa kuvassa (Kuva 4-8) on esimerkiksi aaltoenergian avulla toimiva 3 tonnia painava ja 9,5 m pitkä katamaraani, jonka maksiminopeus on 5 solmua. Katolle asennetuilla aurinkopaneelilla tuotetaan sähkö veneen apulaitteille.



Kuva 4-8. Suntory Mermaid -veneen aaltoenergiaa hyödyntävä järjestelmä. Lähde: [Solar Energy](#).

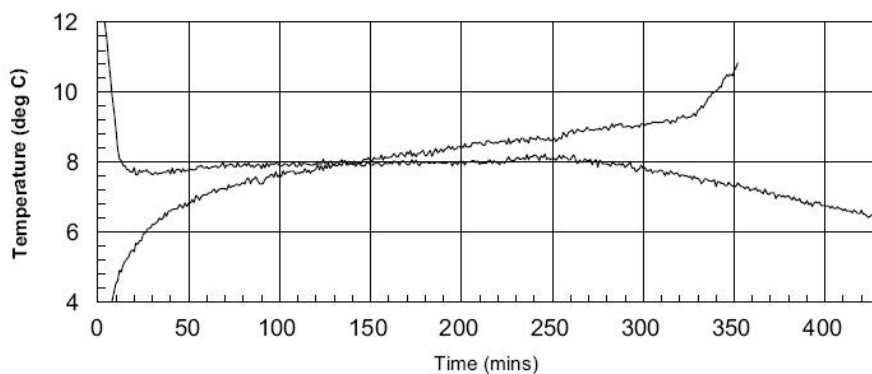
Myös laivoihin on ideoitu konsepteja, joissa hyödynnetään aaltoenergiaa, muun muassa aaltoenergian käyttöä vedyn erotteluun vedestä polttokennojen avulla (Kuva 4-9). Vetyä käytetään polttoaineena silloin, kun tuuli-, aalto- tai aurinkoenergiaa ei ole riittävästi saatavilla.



Kuva 4-9. [Orcellen](#) laivakonsepti. Lähde: <http://www.rense.com>.

5. Lämpöenergian talteenotto ja lämpöenergian uudet varastointimateriaalit

Faasimuutosmateriaalit (PCM, *Phase Change Material*) voivat toimia energianvarastoina ja osaltaan vähentää lämmityksen ja jäädytyksen aiheuttamaa energiakuormaa. Niitä voidaan käyttää esimerkiksi veneen moottorin jätelämmön varastoimisessa, aurinkoenergian hyödyntämisessä, lämmönvaihtimissa (esim. [PCM Thermal Solutions](#)), veneen ilmastointi- tai käyttöveden lämmityslaitteiden yhteydessä ja myös sisustusmateriaaleissa. Faasimuutosmateriaalit voivat joko luovuttaa tai ottaa ison energiamäärän olomuodon (esim. kiinteä/neste tai neste/kaasu) muutokseen, joka tapahtuu hitaasti.



Kuva 5-1. Faasimuutosmateriaalin tyypillinen jähmettymis-sulamiskäyrä.

Tyypillinen faasimuutostapahtuma on esimerkiksi veden jäätyminen ja sulaminen. Eutektiset (aineseos, sulamispiste mahdollisimman alhainen) faasimuutosmateriaalit voidaan jakaa orgaanisiin yhdisteisiin (vahat, kasviöljyt, soija/sokeri) tai suolapohjaisiin aineisiin (glauber-suola, kalsiumkloridi, orgaaniset suolat). Uusimman tuotekehityksen kohteina ovat tuotteet, joissa hyödynnetään muun muassa parafiineja ja eutektisia suoloja. Erityyppisiä tuotteita löytyy faasimuutoslämpötila-alueille -114 °C :sta $+1\text{ 100 °C}$:seen. Näistä materiaaleista kehitetään erilaisia tuotteita, kuten lämpöakkuja, tai niitä käytetään mikrokapseloituina rakenteisiin liitettynä ratkaisuinä. Esimerkiksi [Outlast Technologies](#) valmistaa kankaita ja kalusteiden pinnoitemateriaaleja, joissa on mikrokapseloitua ThermoculesTM-

5. Lämpöenergian talteenotto ja lämpöenergian uudet varastointimateriaalit

materiaalia. Myös [BASF](#) ja Microtherm käyttävät eristelevyissään faasimuutosmateriaalia. PCM-materiaaleja voidaan käyttää jopa polttoainetankeissa vähentämään kaasumaisten päästöjen muodostumista.



Kuva 5-2. Faasimuutosmateriaaleja.

VTT:n tutkimuksen mukaan dieselkonetta voidaan lämmittää nopeammin ja pitää sen lämpötila korkeampana kylmässä ilmassa käyttämällä yksinkertaista polttokaasujen talteenottolaitetta ja kierrättämällä lämpö poistoilmaputkesta koneen jäähdytysjärjestelmään. Lämpöakun lisääminen järjestelmään voisi varastoida talteen otetun lämmön lyhyiden katkosten yli tai tietyissä tapauksissa pitemmäksikin aikaa, esimerkiksi seuraavan aamun kylmäkäynnistystä varten tai seuraavan veneilykerran lämpimän käyttöveden tarpeeseen. [13]

6. Polttokennot

Veneiden polttokennon avulla on mahdollista tuottaa sähkö- ja lämpöenergiaa. Polttokennot tuottavat sähköä vedystä ja hapestä sähkökemiallisen prosessin kautta. Polttokennot voidaan luokitella esimerkiksi polttoaineen mukaan, joita ovat vety (H_2), kaasu, $NaBH_4/NH_4Cl$, $Mg = 2H_2O$, metanoli, diesel, NH_3 , propaani, butaani jne. Polttokennot voidaan tyypittää myös elektrolyytin mukaan. Kemialliset reaktiot voivat olla samoja kuin akuissa, mutta akuista poikkeavasti polttokennot tuottavat sähköä niin kauan kuin reagoivien kemikaalien muodostamaa ”polttoainetta” on jäljellä ja elektrodit ovat toimintakunnossa. Kun reagoivat kemikaalit ovat happea ja vetyä, päästöinä on pelkästään vettä ja lämpöä. Esimerkiksi SFC *Smart Fuel Cellin* EFOY-polttokennoja valmistetaan 25–60 W:n kokoisina. EFOY-polttokennot soveltuvat veneiden akkujen lataamiseen. Laitteisto kytkeytyy automaattisesti päälle, kun akkujen varaus käy vähiin, ja lataa ne kerralla täyteen. Erillisellä varaajalla voidaan varata muitakin kuin lyijyakkuja, esimerkiksi Litium-ioniakkuja.



Kuva 6-1. EFOY polttokenno. Lähde: St1.

Esimerkiksi EFOY 1200:n tekniset tiedot ovat seuraavat:

- lataa akustoa 100 Ah/päivä, 1 200 Wh/päivä
- latauksen aloitusjännite on $< 12,3$ V
- lataus lopetetaan, kun jännite on $> 14,2$ V ja latausvirta on < 2 A
- metanolin kulutus on 1,1 l / 100 Ah
- äänenvoimakkuus 7 metrin päähän on 23 dB ja 1 metrin päähän 39 dB

6. Polttokennot

- paino on 7,1 kg
- mitat ovat 435 x 200 x 276 mm.

Hydrocellin vetykäyttöisellä HC-100 (14,4 VDC, 1,5 A ja 7Ah) -polttokennolla voidaan ladata veneakkuja ja käyttää myös suoraan virtalähteenä. Hydrocell valmistaa myös 2,5 A:n ja 4 A:n polttokennoja. MAXPowerin Marine Fuel Cell MFC -kennoja valmistetaan 12 V:n ja 75, 100 ja 130 Ah/vrk -versioina. Heliocentrics valmistaa polttokennoja 50 W–16 kW:n tehoisina.

7. Veneiden sähkölaitteet ja akusto

Veneiden tehontarpeiden kasvaessa myös akustoon kohdistuu yhä suurempia vaatimuksia. Akkujen ympäristöolosuhteet voivat olla vaikeammat kuin esimerkiksi autoissa. Akut voidaan joutua sijoittamaan kuumaan ja kosteaan sijoituspaikkaan, mikä vaikuttaa akun purkausominaisuuksiin. Tyypillisesti veneiden akut voivat myös olla pitkään purettuna odottamassa uutta latausmahdollisuutta. Lisäksi veneiden akuilta vaaditaan varmuutta, turvallisuutta ja monipuolisuutta. Veneissä tarvitaan sekä käynnistysakkujen nopean ja suuren virran tuotto-ominaisuutta että myös syväpurkausakkujen pitkän ajan tasaista virran tuottoa. Lisäksi akkujen painon tulee olla mahdollisimman pieni. Painolla on suuri merkitys yleisesti sekä rakenteen että energiakulutuksen kannalta, mutta erityisesti kilpapurjeveneissä jo pienikin painon väheneminen voi olla erittäin ratkaisevaa kilpailussa menestymisen kannalta.

Vaikka lyijyakut ovat kehittyneet ja markkinoilla on lähes huoltovapaita AGM- ja geeliakkuja, uusiin akkutyyppihin (ennen kaikkea litium-akkuihin) on kiinnitetty paljon mielenkiintoa veneiden ja jopa laivaston aluksien kehittämisessä.

Uusien, turvallisten litium-akkutyyppien (esim. litiumfosfaattiakut A123 ja *Valence Technology*) tultua markkinoille syntyy uusia liiketoimintamahdollisuuksia näiden akkujärjestelmien kasaamisessa ja käytössä. Myös suomalainen European Batteries on aloittanut litium-fosfaattiakkujen tuotannon.

Akkujen turvallisuutta on parannettu kehittämällä muun muassa palamatonta elektrolyyttiä ja korkeita lämpötiloja paremmin kestäviä eristemateriaaleja, kuten uudentyypisiä polymeerejä. Litium-akut vaativat kuitenkin sarjakäytössä balansointia, ja niiden jänniterajoja on valvottava tarkasti, joten ne tarvitsevat erityiselektroniikkaa. Toisaalta näillä akuilla voidaan hoitaa sekä käynnistys- että käyttöominaisuudet, koska akkujen hetkellinen virtakestoisuus on suuri. Myös uudet superkondensaattorit tuovat uusia vaihtoehtoja sähköjärjestelmän toteutukseen. Niillä voidaan ottaa talteen lyhyen ajan latausenergiapulssit esimerkiksi aurinkoenergialaitteista ja toisaalta tuottaa esimerkiksi moottorien käynnistyspulssien vaatima energia. Yleensä superkondensaattoreita käytetään akkujen ohella.

7. Veneiden sähkölaitteet ja akusto

Veneilijät voisivat hyödyntää myös akkujen uusiokäyttöä, kun isommissa akkujärjestelmissä, kuten sähköautoissa, olleita käyttökelpoisia akkuja jää yli. Ne vanhentuvat nopeammin, jos sarjakytkenässä olevat akut vaihdetaan kaikki yhdellä kertaa.

Uusien, kevyempien ja tehokkaampien energiavarastoratkaisujen ansiosta veneiden energijärjestelmistä voidaan tehdä puhtaampia ja tehokkaampia ja hyödyntää latauksessa uusiutuvia energiantuottomuotoja (tuuli-, aurinko ja aaltovoimaa). Seuraavassa luvussa tarkastellaan lähemmin akkuteknologiaa.

7.1 Venekäyttöön soveltuva akkuteknologia

Veneissä on käytetty tyypillisesti ns. Marine-akkuja. Marine-akku ei ole kuitenkaan luokiteltu tai standardoitu tuotenimi, vaan se voi tarkoittaa erityyppisiä ja tasoltaan hyvinkin erilaisia akkuja. Valmistajat tavoittelevat Marine-akuillaan suojatumpia ja venekäyttöön paremmin sopivia akkuja. Käytetyin akkutyyppejä on perinteinen lyijyaku. Myös nikkeli-metallihydridiakut ovat olleet suosittuja. Uusinta teknologiaa edustavat puolestaan litium-ioniakut. Pienissä ja keskisuurissa huviveneissä käytetään yleensä 12 VDC:n järjestelmiä, kun taas suurissa veneissä myös tehontarve on suurempi. Niissä käytetään korkeampia jännitteitä, jotka ovat kuitenkin tyypillisesti luokkaa 24 VDC.

7.1.1 Lyijyakut

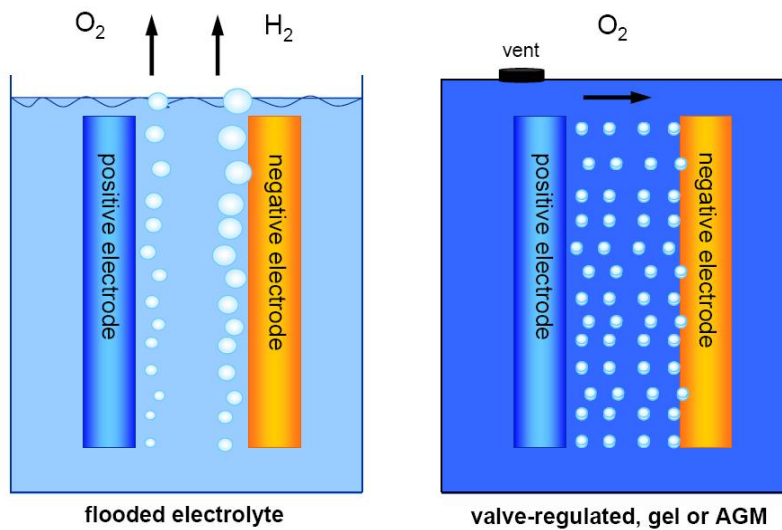
Veneiden akkujärjestelmien perinteisin teknologia on ollut lyijyaku. Lyijyakkutyyppejä ovat avoimet lyijyakut (Pb), MF (huoltovapaat akut), VRLA (venttiilillä varustetut akut), AGM (lasikuituakut) ja GEL (geeliakut). Esimerkiksi ns. starttiakut ovat olleet tyypillisesti avoimia lyijyakkuja, joiden lyhytaikaisen virtakestoisuus on suuri mutta energiamäärä vähäinen. Avoimiin lyijyakkuihin täytyy lisätä vettä, ja niistä myös vapautuu kaasuja. Geeliakut ovat suljettuja (Kuva 7-1). Elektrolyyttiä ei voi lisätä, joten ilman akkujen toimivaa hallintajärjestelmää akut voivat tuhoutua lyhyessä ajassa. Geeliakkujen latausjännite on hieman pienempi kuin tavallisten avoimien lyijyakkujen, ja ne soveltuvat parhaiten hitaaseen lataukseen ja purkaukseen. AGM-akuissa on geelin sijaan lasikuitua pitämässä elektrolyyttiä paikoillaan. Suljettu AGM-akku on vuotamattomin ja eniten tärinää kestävä lyijyakkutyyppejä. AGM-akkujen jänniterajat ovat tavallisten lyijyakkujen luokkaa, joten ne voidaan asentaa tavallisten lyijyakkujen sijasta. Koska ne kuitenkin ovat suljettuja, niiden latausta täytyy kontrolloida. Geeliakut ja AGM-akut ovat huoltovapaita, mutta käyttölämpötilalla on merkitystä, sillä jokainen 15 asteen lämpötilan lisäys yli 25 °C:ssa lyhentää lyijyakkun elinikää puoleen. Lyijyakkujen energiatiheys on 50 Wh/l, hyötysuhde 80–90 %, elinikä 3–12 vuotta, sykli-ikä 50–2 000 (7 000) sykliä ja lämpötila alue -25 °C–+60 °C.

Akkujen elinikä on riippuvainen paitsi perusrakenteesta, kemiasta ja ympäristöolosuhteista, myös lataus- ja käyttötavasta: purkaussyvyydestä ja purkaussykliin määrästä.

Seuraavassa taulukossa on esitetty esimerkki 100 Ah:n Trojan syväpurkausakun purkaussyvyydestä ja purkaussyklien määrästä.

Taulukko 7-1. Esim. syväpurkausakun purkaussyvyydestä ja purkaussyklien määrästä.

Purkaussyvyys %	Purkaussyklien lukumäärä	Koko elinikäinen varaus (Ah)
10	6 200	62 000
20	5 200	104 000
30	4 400	132 000
40	3 700	148 000
50	2 900	145 000
60	2 400	144 000
70	2 000	140 000
80	1 700	136 000



Kuva 7-1. Avoimen ja venttiilillä varustetun lyijyakun periaate. [10]

Lyijyakkuja valmistavat muun muassa [Exide \(XIDE\)](#), [Energys \(ENS\)](#), [Johnson Controls](#), [Optima Batteries](#), [Rolls](#) ja [C&D Technologies \(CHP\)](#). Concorde ja Mastervolt valmistavat AGM-akkuja ja hyttelöakkuja.

7. Veneiden sähkölaitteet ja akusto



Kuva 7-2. AGM-lyijyakku Marine-käyttöön (Rolls). Lähde: Bright Green Energy.

7.1.2 Lyijy-hiiliakut

Uusin lyijyakkuihin liittyvä kehitys on tuottanut lyijy-hiiliakun, jossa joko negatiivisessa elektrodissa tai molemmissa elektrodeissa käytetään lyijyn sijaan aktiivihiihtä superkondensaattorien tapaan. Elektrodi tehdään hiiligrafiittivaahdosta, joka valmistusprosessissa peitetään lyijykerroksella.

Suurentuneen pinta-alan takia reaktionopeus lisääntyy, purkausnopeus kasvaa ja akun paino (ja koko) vähenee puoleen. Akun kapasiteetti kylmissä olosuhteissa kasvaa, mutta korroosio ja sulfanoituminen vähenevät.



Kuva 7-3. PbC akku. Lähde: [Axion Power](#).

Kun 40 % lyijystä tavalliseen lyijyakuun verrattuna on korvattu aktiivihiihellä, on savutettu neljä kertaa pitempi elinikä ja pienemmät ympäristövaikutukset. PbC-akkujen kustannukset ovat 200–300 \$/kWh. Syklimäärä on 3–4-kertainen lyijyakkujen syklimäärään verrattuna: noin 2 000 lataus–purkaus-sykliä 85 %:n purkaussyvyyteen tai 7–10 vuotta elinikää. Tavallisten VRPb-akkujen käyttöelinikä on 700–800 sykliä. Myös purkausnopeus on suurempi kuin tavallisella lyijyakulla. PbC-akkuja voidaan valvoa etäohjauksella ja vikaantunut akku ohittaa, jolloin vältetään lyijyakuille tyypillinen tilanne, jossa yksi vioittunut akku tarkoittaa koko järjestelmän alasajoa.

Lyijy-hiiliakkuja kehittää ja markkinoi [Axion Power](#) International Inc. New Castle USA (ei valmista Marine-akkuja). Muita lyijy-hiiliakkuja valmistavia yrityksiä:

[MeadWestvaco \(MWV\)](#), australialainen [Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation \(CSIRO\)](#), japanilainen Furukawa Battery (Frankfurt – FBB.F) ja [East Penn Manufacturing](#).

7.1.3 Nikkeli-kadmium-akut (NiCd) ja nikkeli-metallihydridi-akut (Ni-Mh)

Nikkeli-kadmium-akun positiivinen elektrodi on valmistettu nikkelihydroksidista ja negatiivinen kadmiumista. Elektrolyytinä on kaliumhydroksidiliuos. Koska kadmium on ympäristölle ja ihmisille vaarallinen myrkky, voidaan Ni-Cd-akkuja käyttää enää vain teollisuuskäytössä.

NiMH-akulla on suurempi kapasiteetti mutta lyhyempi kestoikä kuin NiCd-akulla. Muisti-ilmiö ei ole niin voimakas kuin Ni-Cd-akuilla. Heikkouksina ovat alhaisempi virranantokyky kuin NiCd-akuilla sekä suuri itsepurkautuvuus: akun varauksesta purkautuu itsestään noin 20 % kuukaudessa. Suurten järjestelmien Ni-Cd- ja Ni-MH-akkuja valmistavat muun muassa [Saft](#) ja [Cobasys](#).

7.1.4 Natrium-akut

Natrium-rikkiakku muodostuu positiivisesta elektrodista, joka on sulaa rikkiä (S), ja negatiivisesta elektrodista, joka on nestemäistä natriumia (Na), sekä näitä erottavasta keraamisesta elektrolyytistä. Akun toimintalämpötila on 300 °C ja hyötysuhde noin 89 %. NaS-akkuja ovat kehittäneet Tokyo Electric Power Company (TEPCO) ja NGK Insulators Ltd. NaS-akut soveltuvat lähinnä suuritehoisiin kiinteisiin sovelluskohteisiin.

ZEBRA-akut perustuvat natrium-nikkelikloridi-tekniikkaan, jolloin sulamislämpötila on matalampi kuin NaS-akuilla (157 °C). ZEBRA-akkujen ominaisenergia (90–120 Wh/kg) on litiumrautafosfaattiakkujen luokkaa. ZEBRA-akkuja valmistetaan 24–1 000 V ja 2–50 kWh-järjestelminä. Akut ovat ”huoltovapaita”, ja niiden paino on noin 40 % lyijy-akkujen painosta. Rolls-Royce on kehittänyt ZEBRA-akut Marine-käyttöä (sukellusveineet) varten Betardin kehittämän rakenteen pohjalta. ZEBRA-akkuja käytetään myös muun muassa sähköautoissa (esim. Th!nk City).



Kuva 7-4. ZEBRA-akku. Lähde: [Rolls-Royce](#).

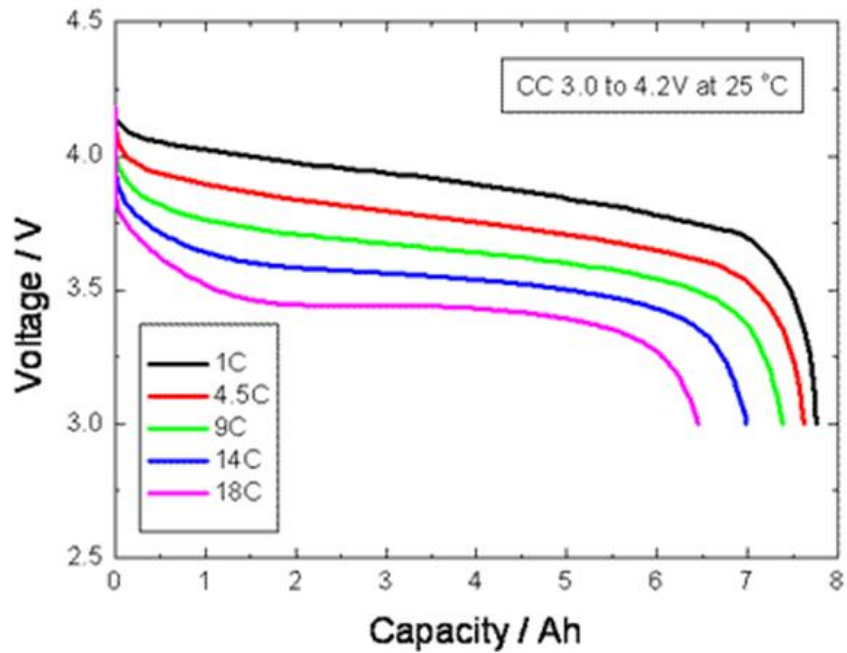
7.1.5 Litium-ioni-akut

Litium-akuista on tulossa merkittävin uusi akkutyypin sekä autoissa että veneissä, litium-akkujen energiatehokkuuden, keveyden ja pitkän eliniän takia. Litium-akuissa on litium tai litium-yhdistelmät elektrodina. Materiaaleista riippuen litium-akun jännite on 1,5–3,7 V. Uudelleen ladattavissa litium-ioniakussa anodi on tyypillisesti grafiittia, ja katodi voi olla esimerkiksi litium-kobolttioksidia (Li-CoO_2), litium-rautafosfaattia (Li-FePO_4 , LFP) tai litium-mangaanioksidia (LiMnO_2). Ensimmäinen katodimateriaali litium-ioni-akuissa oli kobolttioksidi. Viimeisimpiä kehittyneitä vaihtoehtoja on litium-rautafosfaatti, joka materiaaliltaan on edullisempi kuin litium-koboltti. Litium-rauta-akku ei varastoi niin paljon energiaa kuin muut litiumionimateriaalit (kennojännite 3,3 V vs. 3,6–4,0 V), mutta se on rakenteeltaan turvallisempi.

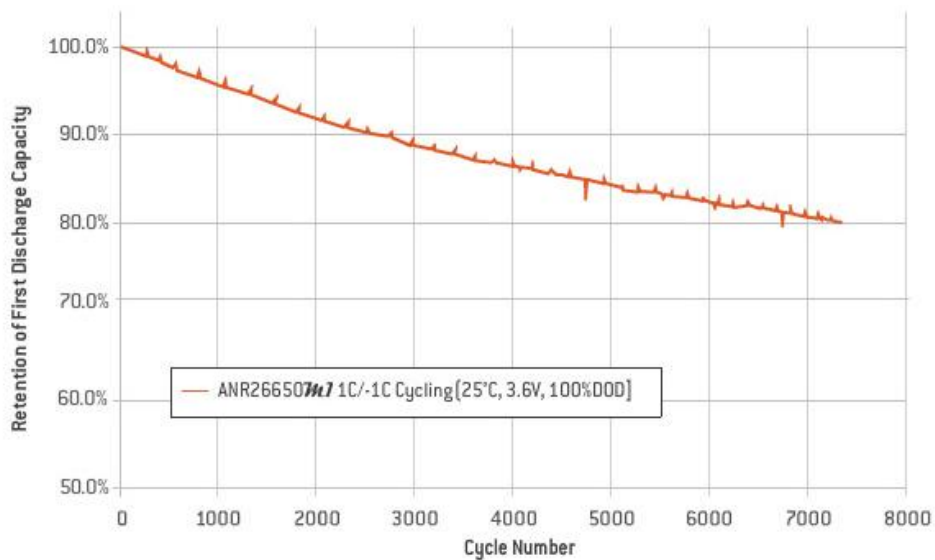
Litium-ioniakkujen huono puoli on vanheneminen, joka alkaa jo hyllyssä. Täyteen ladatut akut menettävät pysyvästi noin 20 % kapasiteetistaan vuodessa ja 40 %:n latausasteessa 4 % vuodessa, kun lämpötila on 25 °C. Akun sisäinen vastus kasvaa sekä käyttämättömänä että lataus-purkaus-sykliden vaikutuksesta. Sisäisen resistanssin kasvu aiheuttaa sen, että jännite pienenee kuormitettuna ja pienentää käytettävää purkausmaksimivirtaa. Tarkasteltaessa valmistajien ilmoittamia syklisen eliniän määriä tulee huomioida käyttölämpötila, joka usein on huoneenlämpötila. Käytännössä akkujen toimintalämpötila on kuitenkin korkeampi, mikä alentaa todellisen syklimäärien odotusarvoa.

Litium-ioniakkujen latausta ja niiden akkukohtaista virtaa, jännitettä ja lämpötilaa on valvottava, sillä esimerkiksi sallitun jännitealueen ylittäminen tai alittaminen vanhentaa akkua nopeasti ja voi aiheuttaa räjähdysvaaran. Akuston hallinnassa tulee myös huomioida, että jotkut litium-akkutyypit, esimerkiksi litiumkobolttiakut, voivat räjähtää oikosulussa tai ylikuumetessa.

Akun balansointipiirillä hoidetaan heikon akun ”ohitus”, jotta kaikissa sarjaan kytketyissä akkukennoissa voidaan saavuttaa maksimilatausjännite. Akkuja ladataan vakiovirralla, kunnes kennon maksimilatausjännite saavutetaan. Sen jälkeen jatketaan vakiojännitteellä, kunnes latausvirta putoaa noltaan tai käytännössä 7 %:iin. Nykyiset kennot voidaan ladata täyteen tyypillisesti alle tunnissa ja jotkin kennotyypit jopa 10 minuutissa. Litium-rautafosfaattiakkuja (LFP) on joidenkin suositusten mukaan mahdollista syväpurkaa (alle 33 %:iin) vasta 20 lataus-purkaus-sykliden jälkeen akkujen pysyvän vaurion välttämiseksi. Litium-ioniakkujen kennokapasiteetti pienenee, jos akkua puretaan suurella virralla (Kuva 7-5). Tämä ominaispiirre tulee ottaa huomioon akustoa mitoittaessa silloin, kun kyseessä on pitkäaikainen käyttö suurilla purkausvirroilla. Syklinen elinikä vaihtelee akkutyypin ja käytetyn purkaussyvyyden (DoD) mukaan. Erään valmistajan ilmoituksen mukaan litiumfosfaattiakun (A123) (DoD 100 %, $I = I_n$) syklinen elinikä on 7 000 sykliä mutta akun kapasiteetti on lopussa 80 % alkuperäisestä arvosta (Kuva 7-6).



Kuva 7-5. Kennokapasiteetin muutos eri purkausvirroilla.
Lähde: <http://www.mpoweruk.com/performance.htm>.



Kuva 7-6. [A 123](#) Litium-fosfaattiakun kapasiteetti purkaussyklien määrän funktiona.

Uusin tutkimusvaiheessa oleva innovaatio on litium-rikkiakut, joiden kehityksessä on menty askel eteenpäin nanotekniikan avulla. Niiden energian varastointikyky on 2–3 kertaa suurempi kuin muiden litium-akkujen, mutta ne vaativat edelleen kehitystyötä

7. Veneiden sähkölaitteet ja akusto

turvallisuuden ja stabiilisuuden varmistamiseksi. Nanomateriaalilla päällystämällä on myös kehitteillä elektrodeja, jotka mahdollistavat tulevaisuuden litium-akkujen lataamisen ja purkamisen 10–20 sekunnissa. Myös akkujen muut ominaisuudet, kuten paino, itsestään purkautuvuus ja lämpeneminen, ovat paremmin hallittuja.

Litium-akkujen käyttö veneissä on niiden energiatehokkuuden ja keveyden takia kiinnostavaa. Litium-akut vaativat kuitenkin tämän akkuteknologian käytön erityisosaamista ja erityisoheis-/latauslaitteita, jotka huolehtivat virran, jännitteen ja lämpötilan kontrolloista. Valmiissa akkupaketeissa (esim. MasterVolt ja European Batteries) nämä asiat on jo huomioitu.

Litiumioniakkuja valmistavat muun muassa [A123 Systems](#) ja [International Battery](#) (litium-rauta-fosfaatti), [Valence Technologies](#) (VLNC), [China BAK](#) (CBAK), [Altairnano](#) (litium-titaani), [Saft](#) (litium-nikkelioksidi), Torqeedo ja [Advanced Battery Technologies](#) (ABAT). Seuraavassa (Taulukko 7-2) on vertailtu kolmen valmistajan mukaan Marine-käyttöön soveltuvan litium-ioniakkukokoonpanon ominaisuuksia. Suomalainen European Batteries on aloittanut litium-rautafosfaattiakkujen ja valmiiden akkujärjestelmien tuotannon.

Taulukko 7-2. Kolmen litium-akkujärjestelmän ominaisuuksien vertailu.

	Valence 	Torqeedo 	MasterVolt 
Tyyppi	U24-12XP ("lyijyakun korvaava malli")	TOR2102-00 26-77	MLI 24/160, 8 kennoa
Teknologia	Litium-rauta-magnesium-fosfaatti	Litium-mangaani	Litium-rauta-fosfaatti
Varustelu	Älykäs akkumonitor. ja sis. balans., Canbus	Sis. turvaelektronikan	Integr. akun hallinta- ja balansointijärj., MasterBus
Jännite	12,8 V	25,9 V	26,5 V
Virta (lat/purk)	55 A/ 150 A		50 A/160A, pulssi<1600A
Kapasiteetti/e	110 Ah/1280 Wh	77 Ah, 1994 Wh	160 Ah, 4,3 kWh
Paino	15,8 kg	18 kg	55 kg (199*623*345)
Min. latausaika	2,5 tuntia	3 tuntia	1 tunti, suositeltava 3h
Lämpötila-alue	-10...+50 C	-20...+40 C	-20...+60 C

7.2 Akkuja koskevat standardit

Varsinaisia Marine-akkuja koskevia standardeja ei ole. Sen sijaan kansainväliset organisaatiot ovat laatineet yleisiä ladattavia akkuja (*secondary batteries*) koskevia standardeja, ja uusia, muun muassa litium-akkuja koskevia standardeja on valmistumassa.

Veneille on olemassa ISO-standardit, joissa akuista kirjoitetaan muun muassa standardin *Small craft – Electrical systems – Extra-low voltage d.c. installations* (EN-ISO 10133:2000) luvussa 5. *American Boat Yacht Councilin* (ABYC) liittyviin standardeihin, suosituksiin ja ohjeisiin kuuluvat muun muassa seuraavat akkuja koskevat dokumentit:

- E-10 – *Storage Batteries*
- E-11 – *AC & DC Electrical Systems on Boats*
- A-31 – *Battery Chargers and Inverters.*

Lisäksi Transport Canada on julkaissut myös akkuja koskevia standardeja:

- TP127 – *Ships Electrical Standards (2008), Accumulators / Storage batteries.*

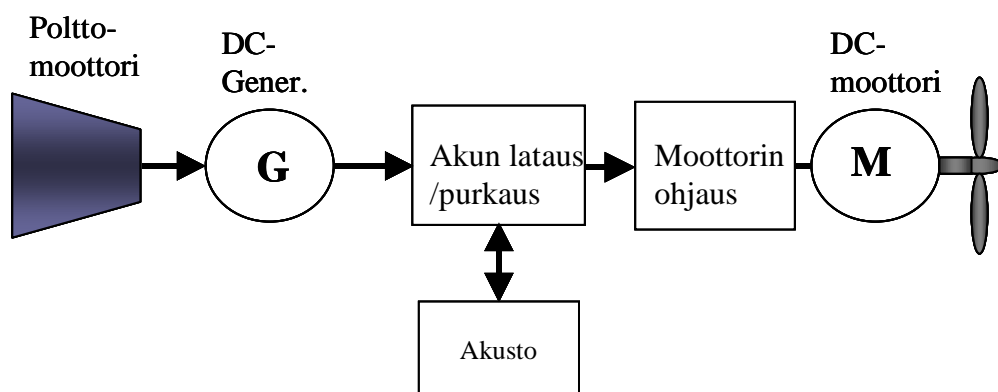
8. Veneiden sähkömoottorijärjestelmät

Kuten auto- myös veneteollisuudessa etsitään jatkuvasti vähemmän päästöjä tuottavia tekniikoita, ja erilaiset hybridiratkaisut ja myös puhtaasti sähköllä toimivat moottorit ovat saamassa entistä enemmän jalansijaa. Autoissa hybridien tehokkuus perustuu jarrutusenergian hyödyntämiseen (jota ei veneissä ole) ja (matkustaja)laivoissa dieselsähköinen propulsio lähinnä siihen, että sähköntarve on "hotellikuorman" takia niin merkittävä myös satamissa. Jäänmurtaajissa taas tarvitaan sähkömoottorien laajaa kierrosaluetta ja vääntömomenttia. Diesel-sähköhybridejä laivakäyttöihin rakennettiin jo 1910-luvulla Yhdysvalloissa.

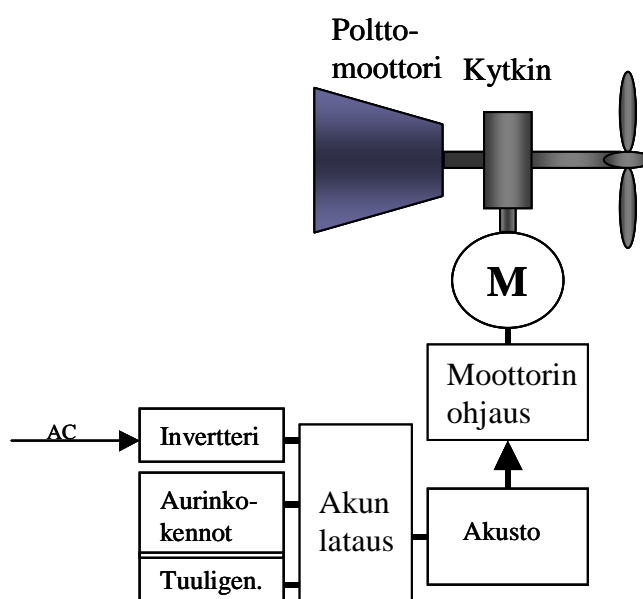
Seuraavassa luvussa on esitelty lähinnä juuri veneisiin tarkoitettuja sovelluksia ja kaupallisia ratkaisuja.

8.1 Hybridimoottorijärjestelmät

Kaksi päätyyppiä diesel-(benssiini-)sähkömoottorihybrideissä ovat sarjahybridit (Kuva 8-1) ja rinnakkaishybridit (Kuva 8-2).



Kuva 8-1. Sarjahybridin periaate.



Kuva 8-2. Rinnakkaishybridin periaate.

Tyypillisessä sarjahybridissä potkuria pyörittää tasavirtasähkömoottori. Uusimmat ratkaisut perustuvat harjattomaan kestopagneettimoottoriin harjallisten tasavirtamoottorien sijaan. Myös invertteri ja oikosulkumoottori ovat mahdollisia.

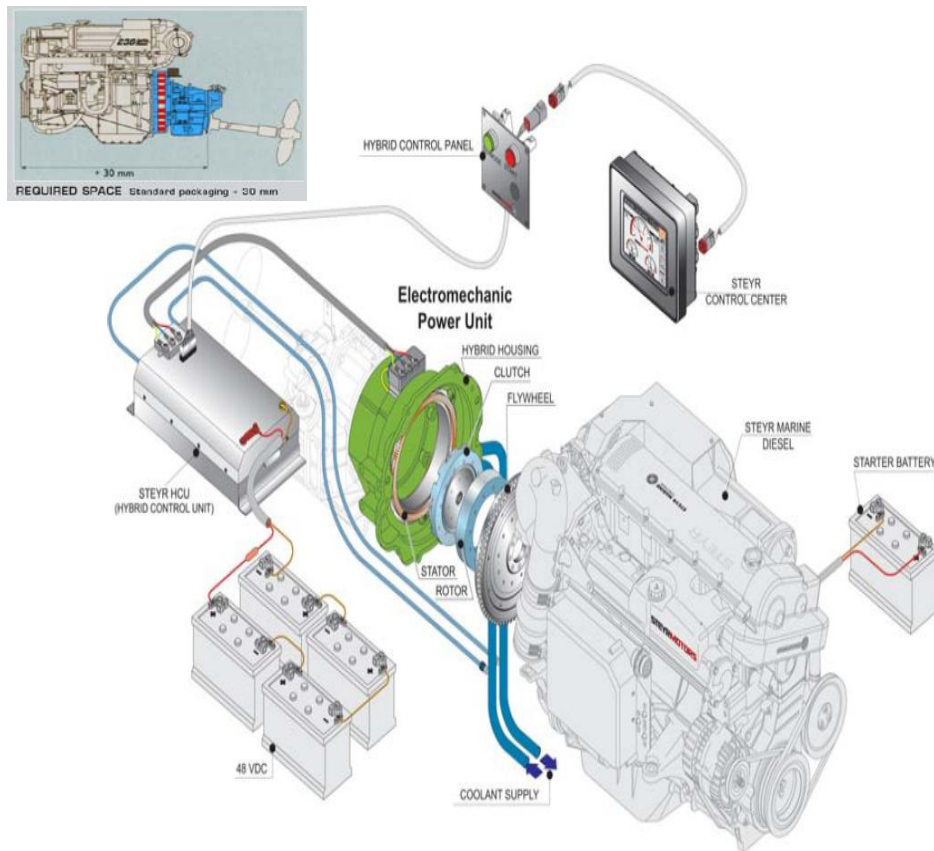
Sähkömoottorin ja dieselmootorin muodostama hybridi tarjoaa useita etuja:

- liikkuminen on hiljaista ja päästötöntä satamissa ja ranta-alueilla
- suuremmilla nopeuksilla liikuttaessa dieselmootorilla saavutetaan parempi hyötysuhde
- hybridi eliminoi erillisten generaattorilaitteiden tarpeen
- hybridi vähentää kokonaispäästöjä
- hybridi lisää turvallisuutta kahden käytön ansiosta
- rinnakkaisjärjestelmissä sähkömoottoria voi käyttää lataamaan akkuja, kun dieselmootori toimii käyttökoneena
- purjehtiessa potkuri voi pyöriä vapaana ja ladata akkuja.

8.1.1 Sarjahybridit

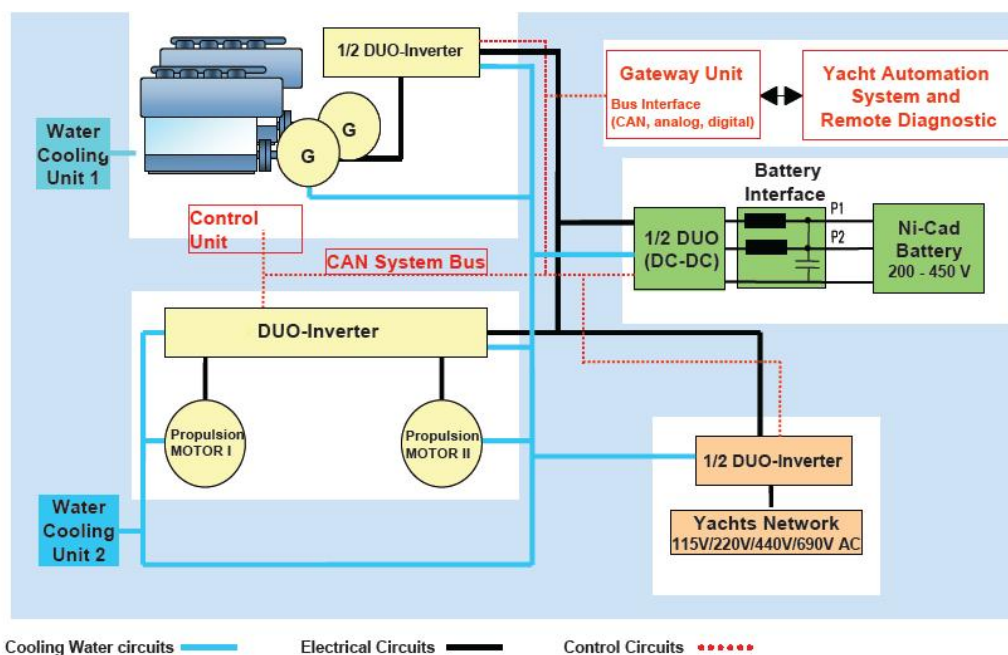
Itävaltalainen moottorivalmistaja [Steyer motors](#) valmistaa 7 kW:n (48 V, 75 kg) hybridimoottoria (Kuva 8-3), jossa on integroitu vauhtipyörägeneraattori ja kestopagneettimoottori. Hybridimoottorilla on neljä eri toimintatapaa: käynnistysmoodi (sähkömoottori, eliminoi starttimoottoritarpeen), generaattorimoodi (ladataan akkuja), sähkömoodi (ajetaan pelkästään sähkömoottorilla) ja *boost*-moodi (polttomoottoria tuetaan sähkömoottorilla).

8. Veneiden sähkömoottorijärjestelmät



Kuva 8-3. Diesel-sähkö hybridi. Lähde: [Steyr motors](#).

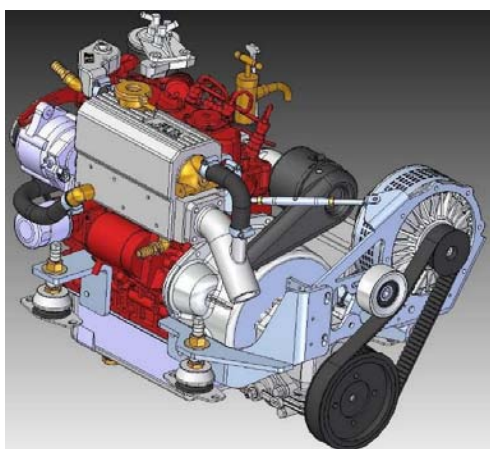
Siemens valmistaa jahtikokoluokkaan sarjahybridiratkaisuja (Kuva 8-4), joissa on kaksi dieselmoottoria (tehot 90 kW tai 150 kW) ja kaksi vaihtovirralla toimivaa nelinapaista vesi-glykolinjäähdytteistä induktiomoottoria (tehot 67 kW, 85 kW tai 20 kW/3 000 rpm). [E motion](#)-hybrideissä on kestmagneettimoottorit (16 kW, 9 kW ja 4,5 kW).



Kuva 8-4. [Siemensin ELFA](#) Hybrid marine propulsion -järjestelmän kokoonpano.

8.1.2 Rinnakkaishybridit

Hybrid Marine valmistaa 7,5 kW:n rinnakkaishybridin (tulossa 10–90 hv keväällä 2010), jota voidaan ajaa jommallakummalla moottorityypillä (Kuva 8-5). Kun ajetaan dieselmootorilla, sähkömoottori voi pyöriä vastakkaiseen suuntaan ja ladata akkuja. Rinnakkaishybridissä sähkömoottori voidaan mitoittaa pienemmäksi kuin dieselmoottori esimerkiksi vastaamaan hitaamman ajon tehontarvetta (esim. 2/3 suurimmasta nopeudesta). Rinnakkaishybridin mahdollistaa myös olemassa olevan dieselmoottorin varustelun hybridimoottoriksi.



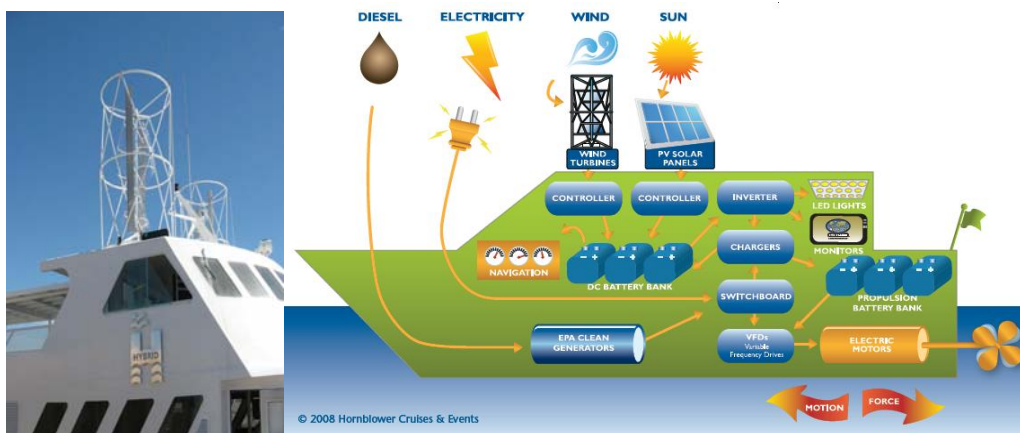
Kuva 8-5. Rinnakkaishybridimoottori. Lähde: [Hybrid Marine](#).

8. Veneiden sähkömoottorijärjestelmät

Bellmann tekee Aquapella-rinnakkaishybridiiä joko 3,6 tai 7,2 kW:n 48 V:n järjestelminä. Järjestelmän dieselkoneena voi käyttää standardia dieselmoottoria kevyempänä versiona. Bellmann valmistaa myös Aquapella-sarjahybridejä.

8.2 Uusiutuvat ja monihybridijärjestelmät

Hybridijärjestelmien ja niiden tehokkaan tasavirtajärjestelmän ansiosta uusiutuvia energialähteitä, kuten aurinko- ja tuulivoimaa, voidaan hyödyntää helpommin. Näin on tehty oheisen esimerkin katamaraanissa (Kuva 8-6).



Kuva 8-6. [Hornblower](#) Hybrid -katamaraani (kaksi diesel 60 MTU ja kaksi Marathon-generaattoria, kaksi 400 HP -sähköpropulsiomoottoria) tuuliturbiineilla (1,2 kW) ja aurinkopaneeleilla (1,2 kW) varustettuna Alcatrazissa.

8.3 Sähköpropulsiomoottorit

Sähköpropulsiomoottori voi olla osallisena rinnakkaishybridissä tai myös toimia erillisenä moottorina purjeverneessä tai moottoriveneen keulamoottorina ”satamaliikkeen” ja muun hitaan operoinnin voimanlähteenä.

Electric Ocean on suomalainen yritys, joka valmistaa harjallista kestoprofiilimoottoria veneiden sähköpropulsiojärjestelmiin (Kuva 8-7). Moottorin jatkuva teho on 4,7 kW (48 V) ja hetkellinen 10 minuutin teho 14,0 kW. Moottori on ilmajäähdytteinen. Moottori sopii parhaiten 1–4 tonnia painaviin purjeverneisiin voimanlähteeksi. Tällöin se vastaa 6–9 hv:n dieselmoottoria. Oceanvolt SD 8.6 on harjattomalla kestoprofiilimoottorilla varustettu purjehdusveneille (kokoluokkaan 40 jalkaa, 7 tonnia asti) soveltuva sähköpropulsioalaite. Laitteen nimellisteho on 8,6 kW, nimellismomentti 33 Nm, nopeus 2500 rpm, jännite 48 V ja välityssuhde 1,93:1.

8. Veneiden sähkömoottorijärjestelmät



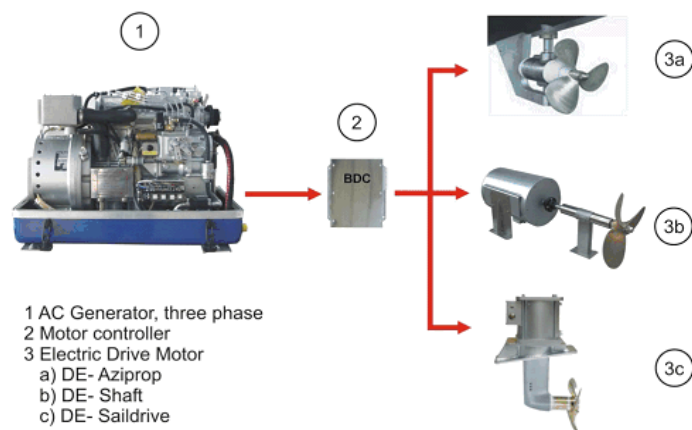
Kuva 8-7. Electric Ocean sähköpropulsiojärjestelmän kestmagneettimoottori ja Oceanvolt sähköpropulsio moottori. Lähde: [Electric Ocean](#) ja Oceanvolt.

Asmo Marine valmistaa THOOSA-merkkisiä propulsio moottoreita. Re-e-power (Kuva 8-8) valmistaa E-pod system 2000 ja 3000 -sähköpropulsiojärjestelmiä.



Kuva 8-8. Re-e-power E-pod -sähköpropulsiotuotteet. Lähde: [Re-e-power](#).

Fisher Pandalla on kolme sähkömoottorityyppiä: Aziprop, DE-shaft ja DE-saildrive (Kuva 8-9). Kestomoottoreiden jännite on 400 VAC (250–480 VAC) ja tehoalue 12–50 kW (–150 kW).



Kuva 8-9. Fisher Pandan sähkökäytöt diesel-sähköhybridiratkaisuksi. Lähde: Fisher Panda.

8. Veneiden sähkömoottorijärjestelmät

[Bellmann](#) valmistaa moottoreita hybridijärjestelmiin ja Aquapella ja Silent-Prop sähköpropulsioita myös purjeverneisiin (Kuva 8-10). SilentProp Saildrive on tahtimoottori: 10 ja 15 kW:n moottorit ovat 155 V 1 400 rpm, 25 kW:n moottorin jännite on 200 V ja kierrosluku 1 400 rpm. Aquapod on vedenalainen kolmilapainen sähköpropulsio, jota valmistetaan kahdeksana eri tehotyypinä 800 W:sta 9 800 W:iin. Pienimpien moottorien (800 ja 1 600 W) jännite on 24 V, 2 200 W:n jännite on 36 V ja sitä suurempien 48 V. 48 V:n koneet ovat tahtikoneita ja sitä pienemmät kestopagneettikoneita.



Kuva 8-10. Bellmannin sähköpropulsio moottoreita. Lähde: [Bellmann](#).

8.4 Kestomagneettimoottorit

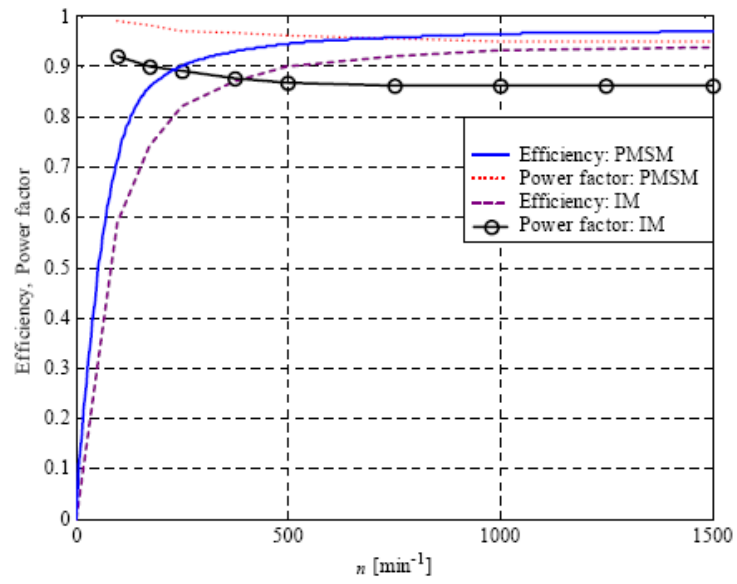
Hybridijärjestelmien myötä myös kestopagneettimoottorit ovat tulossa veneisiin. Kestomagneettikoneita on käytetty jo pitempään paperikoneissa ja laivojen potkurijärjestelmissä. Hissikäytössä on havaittu vaihteettoman kestopagneettimoottorin edut energiaa ja kustannuksia säästävänä ratkaisuna. Kestomagneettimoottoreita (Kuva 8-11) käytetään myös hybridautojen toisena voimanlähteenä.



Kuva 8-11. Mitsubishi iMIEV Permanent Magnet Motor 47 kW / 180 Nm.

Kestomagneettimoottorin edut tulevat parhaiten esille silloin, kun tarvitaan hidasta pyörimisnopeutta. Tällöin kestopagneettimoottorilla on parempi hyötysuhde ja tehokerroin kuin oikosulkumoottorilla, ja useissa tapauksissa alennusvaihdetta ei silloin tarvita ollenkaan (Kuva 8-12).

8. Veneiden sähkömoottorijärjestelmät



Kuva 8-12. Kestomagneettimoottorin (PMSM) ja induktimoottorin (IM) hyötysuhteen ja tehokertoimen vertailu. [14]

9. Polttoaineiden kulutus ja biopolttoaineet

9.1 Polttoaineiden kulutus

Veneiden energiakulutukseen vaikuttavat useat tekijät kuten

- veneen koko ja paino
- lastin paino ja sijoittelu
- veneen muotoilu, rakennemateriaalit ja pinnoitteet
- purjeiden ominaisuudet
- moottorin koko ja tyyppi
- polttoaine
- ajotapa
- ajonopeus
- valittu ajoreitti
- potkurin tyyppi ja sijoittelu
- lisälaitteet ja niiden käyttötapa
- veneen automaattiset ja informoivat järjestelmät
- ulkoiset tekijät: sää, tuulen voimakkuus, tuulen suunta, virtaukset ja aaltoisuus.

Merenkululaitoksen julkaisun 5/2005 [15] mukaan veneiden vuotuinen käyttöaika vaihtelee hieman venetyypin mukaan. Seuraavassa taulukossa käyttöaikoja on laskettu vuoden 2009 Vesikulkuneuvorekisterin tietojen mukaisille venemäärille. Koska energiankulutukseen vaikuttaa niin moni tekijä, ovat tässä esitetyt laskelmat vain karkeita kulusarvioita. Veneilyn energiankulutuksen arvioon tarvittaisiin mm. tarkemmat tyypilliset ajoprofiilit. Karkea polttoaineen kulutuslaskelma perustuu [17] vuotuisen käyttötunti-arvioon sekä kulusarvioon: bensiini kaksitahtimoottorilla 420 g/kWh, bensiini nelitahtimoottorilla 280 g/kWh, diesel 230 g/kWh käyttöteholla 50 % nimellistehosta. CO₂-päästölaskennat perustuvat CO₂-päästölukuihin: bensiini 2,35 kg/l ja diesel 2,60 kg/l.

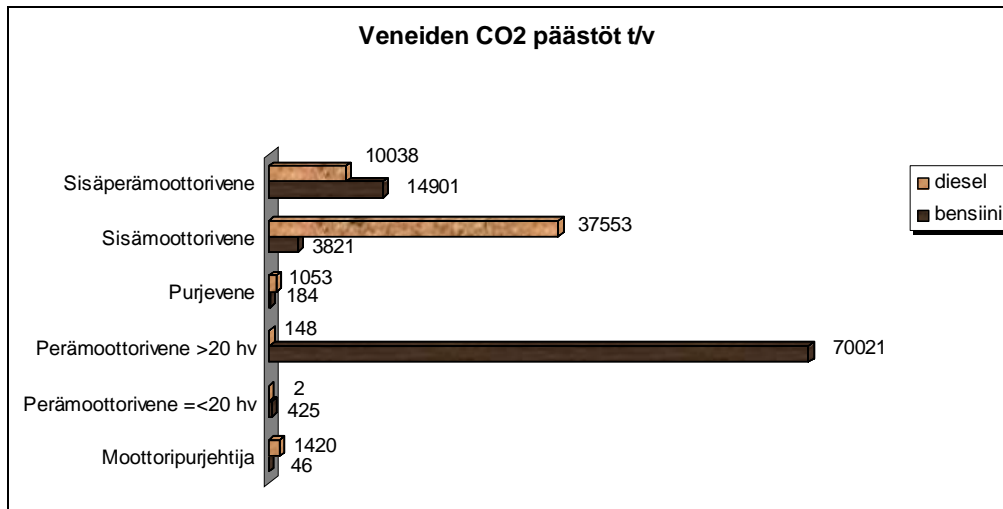
9. Polttoaineiden kulutus ja biopolttoaineet

Taulukko 9-1. Vuoden 2009 rekisteritietojen mukaisen veneiden vuotuinen käyttöaika. Karkea polttoaineen kulutuslaskelma perustuu seuraavaan arvioon: bensiini kaksitahtimoottorilla 420 g/kWh, bensiini nelitahtimoottorilla 280 g/kWh, diesel 230 g/kWh. Vastaavasti CO₂-päästöt 2,35 kg/l ja 2,60 kg/l.

Vuonna 2009 rekisterissä olevat veneet	Polttoainetyyppi	Lukumäärä /kpl	Moottorin teho yhteensä /kW	Käyttöaika /h/ vene/a	Käyttö yhteensä h/a	Polttoaineen kulutus m ³ /a	CO ₂ /t
Moottoripurjehtija	bensiini	55	667	65	3 575	20	46
Perämoottorivene =<20 hv	bensiini	3 526	27 035	15	52 890	181	425
Perämoottorivene >20 hv	bensiini	73 875	3 317 211	20	1 477 500	29 796	70 021
Purjevene	bensiini	3 045	17 297	10	30 450	78	184
Sisämoottorivene	bensiini	7 117	779 260	50	355 850	1 626	3 821
Sisäperämoottorivene	bensiini	5 234	706 760	20	104 680	6 341	14 901
Yhteensä	bensiini	92 852	4 848 230		2 024 945	38 042	89 398
Moottoripurjehtija	diesel	902	27 538	65	58 630	546	1 420
Perämoottorivene =<20 hv	diesel	185	9 176	15	2 775	1	2
Perämoottorivene >20 hv	diesel	176	11 373	20	3 520	56	148
Purjevene	diesel	7 811	135 574	10	78 110	396	1 053
Sisämoottorivene	diesel	19 929	1 154 084	50	996 450	14 117	37 553
Sisäperämoottorivene	diesel	5 710	770 859	20	114 200	3 774	10 038
Yhteensä	diesel	34 713	2 108 604		1 253 685	18 888	50 246

Vuoden 2009 rekisteritietojen mukaan arvioituna suurimman polttoainekulutuksen ja päästöt aiheuttavat yli 20 hv:n perämoottoriveneet ja dieselkäyttöiset sisämoottoriveneet (Kuva 9-1). Näissä veneissä hybridijärjestelmän käyttö voisi vähentää polttoaineiden kulutusta merkittävästi ja siten myös päästöjä – etenkin, jos sähkö tuotettaisiin uusiutuvista energialähteistä. Toisaalta esimerkiksi purjeveneiden moottorien vaihto sähkömoottoreiksi poistaisi lähes kokonaan käytön aikaiset päästöt, jos akut ladattaisiin uusiutuvista energialähteistä tuotetulla sähköllä, esimerkiksi käyttämällä vapaasti pyörivää potkuria lataukseen.

9. Polttoaineiden kulutus ja biopolttoaineet



Kuva 9-1. Arvioidut vuotuiset hiilidioksidipäästöt venetyypeittäin.

Nils-Olof Nylund on muistiossaan ”Pienkone-bensiinin laatuporrastus” 20.5.2010 arvioinut, että perämoottoreita oli vuonna 2005 389 000 kappaletta. Vastaava polttoaineen kulutus on 56 000 m³/a [16]. MEERI 2008 [17] -laskentajärjestelmän mukaan vuonna 2008 huviveneiden polttoaineen kulutus Suomessa oli 56 268 tonnia, CO₂-päästöt 176 457 tonnia ja CO-päästöt 26 798 tonnia. Työvenettä oli 3 233 kappaletta, ja niiden CO₂-päästöt olivat yhteensä 211 112 t/a.

9.2 Biopolttoaineiden mahdollisuudet veneilyssä

Uusien biopohjaisten polttoaineiden, kuten biodieselin ja sen sekoitusten sekä bioetanolin, ansiosta myös moottoriveneilyn ympäristövaikutuksia on mahdollista pienentää. Tennesseeen yliopiston tutkimusten mukaan hiilimonoksidipäästöt vähenevät biodieseliä käyttämällä. Ajettaessa 50 %:n teholla 110 HP Volvo marine -dieselillä polyaromaattisten hiilivetyjen (PAH) päästöjä ei ollut havaittavissa biodieseliä käytettäessä, kun taas petrodieseliä käytettäessä päästöissä oli antraseeniä ja naftaleeniä. Ne ovat molemmat karsinogeenisiä. Toisaalta kalakuolemien määrä oli saastuneessa vedessä suurempi biodieseliä käytettäessä, minkä oletettiin johtuvan petrodieselpäästöjen hajoamisen nopeammasta tasoittumisesta. [12]

Onnettomuuden yhteydessä tapahtuvien pienten biodieselpäästöjen vaikutus ympäristöön on suhteellisesti vähäisempi verrattuna petrodieselpäästöihin, koska petrodiesel sisältää enemmän toksisia ja helpommin veteen liukenevia aromaattisia hiilivetyjä. Biodieselin käsittely on käyttäjäystävällisempää: siitä ei tule haitallisia hajukaasuja. Puhdas kasvipohjainen biodiesel ei sisällä aromaattisia hiilivetyjä tai kloorattuja hiilivetyjä. Se ei myöskään sisällä lyijyä tai rikkiä, jotka reagoisivat muodostaen haitallisia ja korrodoivia yhdisteitä. Koska biodieselissä ei ole kaasuntuvia komponentteja ja sen leimahduspiste

on korkea (tyypillisesti yli 182 °C), lisääntyntä räjähdysriskiä ei ole. Biodieselin käytöstä aiheutuviin päästöihin vaikuttaa muun muassa käytetty moottorityyppi. Kirjallisuudessa on esitetty vaihtelevia päästöarvoja. Seuraavassa taulukossa (Taulukko 9-2) on esitetty EPA:n julkaisemia arvoja.

Taulukko 9-2. Biodieselin (B100, 100 % ja B20, 20 %) keskimääräiset päästöt tavalliseen dieseliin verrattuna. Lähde: www.eps-gov/otaq/models/analysis/biodsl/p02001.pdf.

Emission Type	B100	B20
Regulated		
Total Unburned Hydrocarbons	-67%	-20%
Carbon Monoxide	-48%	-12%
Particulate Matter	-47%	-12%
Nox	+10%	+2% to -2%
Non-Regulated		
Sulfates	-100%	-20%*
PAH (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons)**	-80%	-13%
nPAH (nitrated PAH's)**	-90%	-50%***
Ozone potential of speciated HC	-50%	-10%

* Estimated from B100 result

** Average reduction across all compounds measured

*** 2-nitrofluorine results were within test method variability

Suomessa Neste Oil valmistaa NExBTL (*Neste biomass to liquids* – biomassasta nesteeksi) -biodieseliä, joka valmistetaan palmu- ja eläinperäisistä öljyistä. St1 valmistaa bioetanolia elintarviketeollisuudessa syntyvistä jätteistä.

95E10 eli 10-prosenttinen bensiini on korvaamassa 95-bensiinin. Bensiinissä oleva kymmenprosenttinen etanoli saattaa muun muassa liuottaa karstoja vanhoista moottoreista, eikä se sovellu käytettäväksi kaikissa vanhemmissa venemoottorityypeissä – etenkin kaksitahtimoottoreissa. Myös vanhat lasikuituiset polttoainesäiliöt voivat aiheuttaa ongelmia etanolin irrottaman hartsin takia.

Nykyinen venemoottorikanta ja polttoainejärjestelmät eivät siis välttämättä sovellu hyvin biopolttoainekäyttöön. Esimerkiksi [Volvo Penta](#) edellyttää, että biodieselin tulee täyttää EN590-standardi. Jos käytetään korkeampipitoista kuin B5-dieseliä, sen tulee täyttää EN14224-standardi. Lisäksi on huomioitava, että moottorin huoltotarve ja toisaalta myös päästöt voivat lisääntyä.

Biopolttoaineita tulisikin kehittää veneilyyn sopiviksi. Toisaalta myös venemoottoreita tulisi kehittää biopolttoaineille paremmin sopiviksi sekä ympäristövaikutusten vähentämiseksi että moottorien käyttö- ja huoltokustannusten vähentämiseksi. Toisaalta perinteisten polttoaineiden kuten moottoribensiinin koostumuksessa voi olla selkeitä eroja siinä, kuinka haitallisia päästöt ovat käyttäjälle ja ympäristölle. Esimerkiksi alkylaattibensiinin käytön etuna on haitallisen bentseenin, alkyylibentseenin ja alkeenien vähäinen määrä. Ruotsissa painotetaan voimakkaasti alkylaattibensiinin etuja veneilykäytössä. [16]

10. Älykkäät ohjelmistot ja nykyaikaiset ohjausjärjestelmät

Veneiden automaatiojärjestelmät luovat tulevaisuudessa mahdollisuuksia sekä käyttömukavuuden ja turvallisuuden parantamiseen että energian säästöön ja päästöjen vähentämiseen. Nykyaikaisen ohjausjärjestelmä voi

- avustaa veneilijää (opastus, autopilotti jne.)
- optimoida ajotapahtumaa, kuormaa ja laitteiden toimintaa
- vähentää polttoainekustannuksia
- vähentää huoltokustannuksia
- vähentää ja helpottaa veneilijän työtä myös satama-ajossa
- kerätä ajodataa ja siten auttaa huomioimaan veneen yksilölliset ominaisuudet (so. mahdollistaa oppivan järjestelmän).

Veneiden automaatiojärjestelmät voidaan jakaa seuraaviin perusosa-alueisiin:

1. järjestelmäautomaatio (laajempi anturointi (mittaus, säätö, valvonta) ja väyläratkaisut liitännöihin; keskitetty tai hajautettu automaatiojärjestelmä esimerkiksi ohjelmoitavilla logiikoilla ja kosketusnäyttöisellä käyttäjäliitynnällä toteutettuna)
2. muistava ja opastava ohjausautomaatio ja veneen laitteiden informaatiojärjestelmä
3. navigointiautomaatio ja reitinvalinta-automaatio
4. veneen muiden ulkopuolisten tietojen informaatiojärjestelmä.

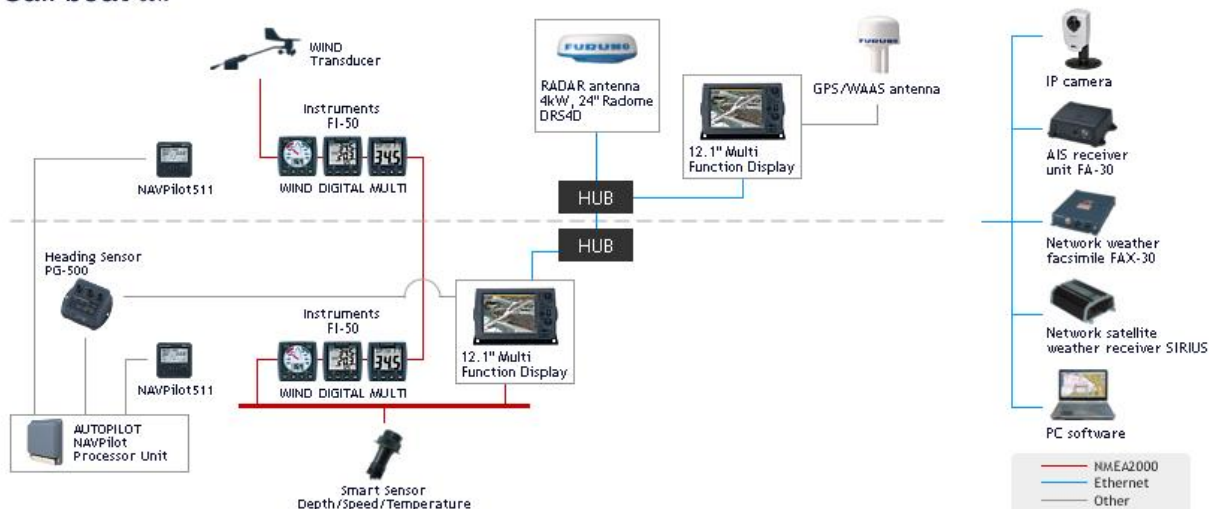
10.1 Järjestelmäautomaatio

Huviveneissä ohjaukseen ja automatiikkaan on käytetty tyypillisesti erillisiä perinteisiä venekomponentteja tai tuotteita, joihin kuuluu lähinnä kyseisen laitteen yksinkertainen toiminta-automatiikka tai käytännössä yksinkertainen lukituslogiikka. Myös ohjauslaitteet

10. Älykkäät ohjelmistot ja nykyaikaiset ohjausjärjestelmät

ja näytöt (esim. mittareiden viisarinäytöt) ovat tyypillisesti perinteisiä erillisiä komponentteja. Suuremmissa huviveneissä ja työveneissä on kuitenkin jo siirrytty hyödyntämään nykyaikaisia laivojen ja teollisuuden automaation tyyppisiä järjestelmiä, kun tarvitaan erilaisia ohjausmoodeja ja monimutkaisempaa lukituslogiikkaa ja tiedonsiirtoväyliä (Kuva 10-1). Laitteiden integroitavuuden takia standardit väyläliittynyt ovat ratkaisevassa asemassa eri järjestelmiä yhteen sovitettaessa.

Sail boat 50ft



Kuva 10-1. Esimerkki eräästä veneen informaatio- ja valvontajärjestelmästä. Lähde: NAVNet.

10.2 Muistava ja opastava ohjausautomaatio ja veneen laitteiden informaatiojärjestelmä

Suuremman älykkyyden ja käyttömukavuuden vaatimukset sekä lisääntyvät laitteistot, niiden monimuotoisuus ja vaativuus lisäävät myös huviveneissä älykkään ohjaavan automaatiojärjestelmän tarvetta. Yksinkertaisimmillaan ohjausjärjestelmä voi varoittaa epätehokkaasta ajotavasta ilmoituksella tai esimerkiksi näyttölaitteen värin muutoksella (Kuva 10-2).



Kuva 10-2. Esimerkki mittarin värin vaihtumisesta ajotavan energiatehokkuuden mukaan. Vihreä väri ilmoittaa parhaasta polttoainetaloudesta. Lähde: Mercury Marine.

10. Älykkäät ohjelmistot ja nykyaikaiset ohjausjärjestelmät

Vapaasti ohjelmitava automaatiojärjestelmä sallii yksilöllisten vaatimusten huomioinnin, opastaa, optimoi ja automatisoi veneen toiminnan ja esimerkiksi polttoainekulutuksen haluttujen ajomoodien mukaiseksi. Uusien innovatiivisten tuotteiden kuten älypurjeiden tuoma informaatio voidaan helpommin ottaa osaksi ohjausjärjestelmää. Automaatio-ominaisuudet voivat sisältää jopa ajoreitin valinnan optimoinnin sääaseman ja GPS-laitteiden avulla. Modernien ohjaus- ja näyttölaitteiden käyttö (esim. taulu-PC) veneiden ohjauspaneelissa ja väyläteknikat mahdollistavat laajemmän informaatiojärjestelmän toteutuksen ja hallinnan. Esimerkiksi seuraavia toimintoja sisältyy uusimpiin veneautomaatio-järjestelmiin (http://yachtotation.com/yacht_automation.asp):

- moottorin tiedot ja ohjaus
- generaattorin tiedot ja ohjaus
- navigointijärjestelmä (ruorin asento, kompassi, kulkusyvyys, tuulen nopeus, tuulen suunta, tuulen kulma, GPS koordinaatit)
- polttoainetiedot, vesitankkitasot näytöt ja ohjaukset, polttoaineiden kulutuksen estimaatti
- ilmastoinnin tiedot ja ohjaus
- navigointivalot, näyttö ja ohjaus
- pilssivesijärjestelmän tiedot ja ohjaus
- turvakamerat (sijainti, tila, ohjaus)
- paloilmoituslaitteet (sijoitus, hälytyspisteen paikka, resetointi).

10.3 Navigointiautomaatio ja reitinvalinta-automaatio

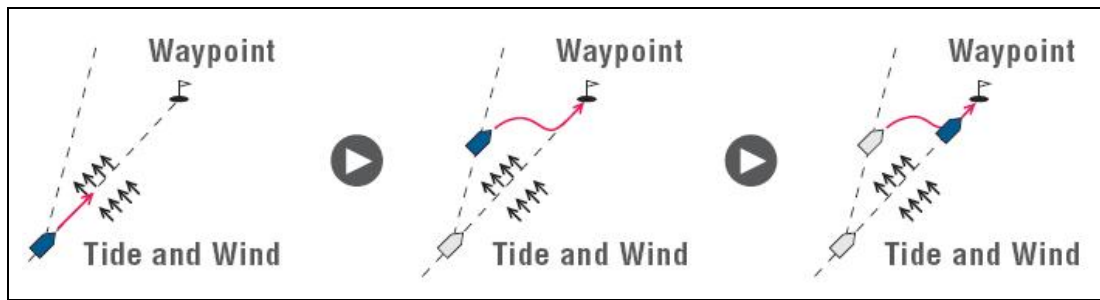
Veneen automaatiojärjestelmän avulla voidaan tehdä reittisuunnitelma. Ohjelma laskee suotuisimman reitin esimerkiksi sen mukaan, onko tavoitteena tehdä matka mahdollisimman nopeasti tai miellyttävissä veneilyolosuhteissa ja/tai optimoida energian kulutusta.

Matkan aikaisia online-toimintoja ovat esimerkiksi

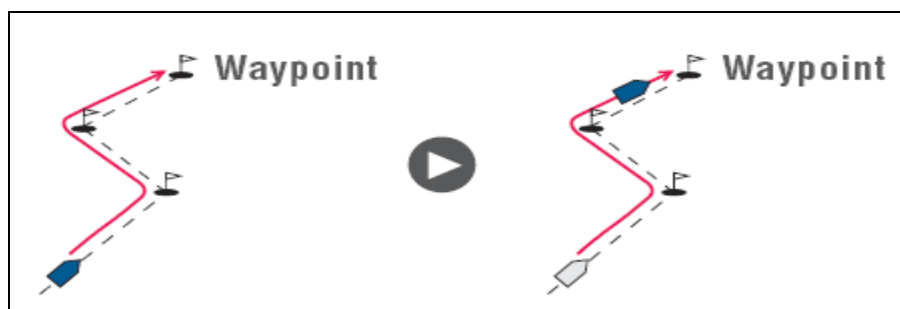
- veneen kurssin ohjaus reaaliaikaisesti: minimoi ajan ja polttoaineen käytön ja huomii purjehduksen turvallisuuden ja mukavuuden
- optimointi: kohde – nykyinen positio – nykyinen suunta – todellinen tuulen suunta tai nopeus, paikalliskokonaisoptimi, sääennuste.

Navigoinnissa voidaan käyttää apuna autopilotteja. Autopilotit tarvitsevat toimiakseen vähintään hyvän kompassin ja tarkan peräsinkulma-anturin peräsimen asentotiedon saamiseksi. Autopilotteja on eritasoisia, myös oppivia järjestelmiä. Autopilotti voi korjata veneen suuntaa huomioiden tuulen ja aallot, reitittää optimaalisesti ja ohjata purjevenettä tuulitiedon avulla.

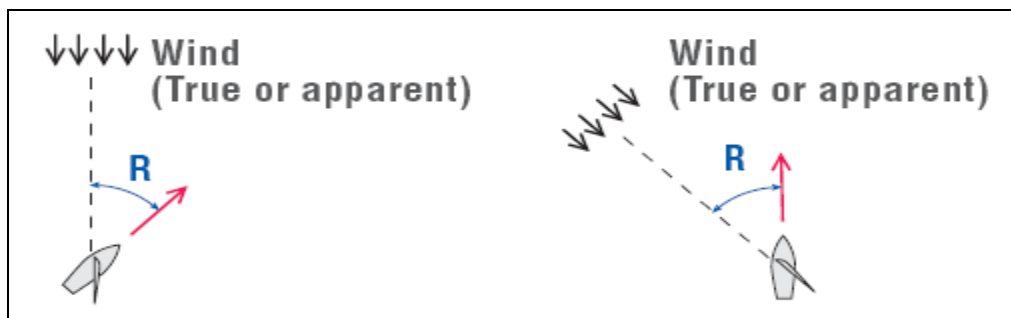
10. Älykkäät ohjelmistot ja nykyaikaiset ohjausjärjestelmät



Kuva 10-3. Korjaava ohjaus. Lähde: Furuno.



Kuva 10-4. Uudelleen reititys. Lähde: Furuno.



Kuva 10-5. Purjeverneen reitin ohjaus tuulen suunnan mukaan tuulimittauksen avulla. Lähde: Furuno.

Uusimmat, kokonaan tietokonepohjaiset navigointiohjelmistot tarjoavat kolmiulotteisen näkymän reitille yhdistäen merikartat, kolmiulotteiset kartat ja ilmakuvat (Kuva 10-6).

10. Älykkäät ohjelmistot ja nykyaikaiset ohjausjärjestelmät



Kuva 10-6. Navigointiohjelman kolmiulotteiden näkymä reitille. Lähde: NavNet.

10.4 Veneen muiden ulkopuolisten tietojen informaatiojärjestelmä

GPS-järjestelmät tuovat uutta informaatiota myös veneilijän tarpeisiin. Veneilijä tarvitsee paitsi vesialueelta, myös esimerkiksi seuraavista maissa olevista palveluista online-tietoa:

- käytettävissä olevat rantautumispaikat, satamat
- satamien vapaat laituripaikat ja niiden varaaminen
- satamien tarjoamat palvelut, hinnat, aukioloajat
 - maasähkö
 - ravintolat
 - pesulapalvelut
 - peseytyminen, sauna
 - kauppa, venevaraosat
 - ruokatarvikkeiden tilaus
 - korjauspalvelut
- lähin sairaala
- lähin uimaranta
- hotellit
- autonvuokraus
- nähtävyydet jne.

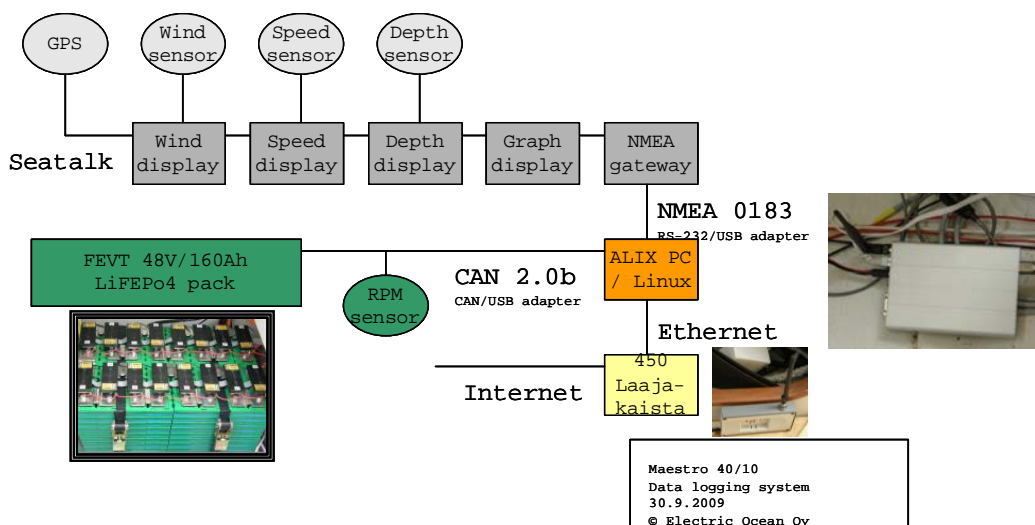
10. Älykkäät ohjelmistot ja nykyaikaiset ohjausjärjestelmät

Veneen älykkään automaatiojärjestelmän avulla myös maissa olijat voivat seurata veneen etenemistä. Energian käytössä informaatiopalvelua voidaan hyödyntää muun muassa valitsemalla satama, jossa on käytettävissä uusiutuvista energialähteistä tuotettua maasähköä tai veneeseen sopivaa biopolttoainetta.

11. Testaukset ja mittaukset

11.1 Purjevene litium-akuston ja sähköpropulsiolaitteen testausympäristönä

Projektin yhtenä testauspaikkana oli 12-metrinen purjevene. Veneeseen asennettiin 48 V:n 160 Ah:n International Batteriesin valmistama litiumrauta-fosfaattiakusto, jossa oli FEVT Oy:n valmistama akkukohtainen balansointi- ja mittausjärjestelmä. Veneeseen asennettiin myös Electric Oceanin sähköpropulsiojärjestelmä ja GPS sekä nopeus ja syvyys- ja muiden mittaustietojen keräilyyn CAN-väylä ja Alix/Linux-mikrotietokone.



Kuva 11-1. Purjeveneeseen testauslaitteisto.

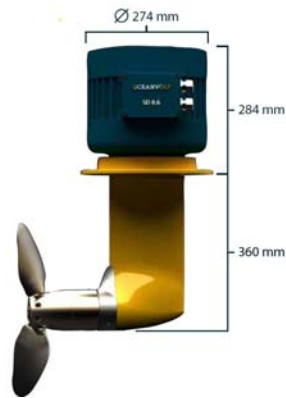
Mittaustietojärjestelmään kerättiin myös akuston jännite-, virta-, lämpötila- ja varaustietoja sekä sähköpropulsio moottorin pyörimisnopeustietoja. Järjestelmässä oli Internet-liitäntä. Akuston käyttäytymistä selvitettiin reaaliolosuhteissa käytännössä purjehdusten aikana ja mittaustuloksia analysoidaan.

Mikrotietokone on ohjelmoitu vastaanottamaan tietoa sääasemalta ja GPS-laitteistolta sekä akustosta. Purjeveneestä saatiin neljältä päivältä mittaustietoja (GPS, nopeus, veneen

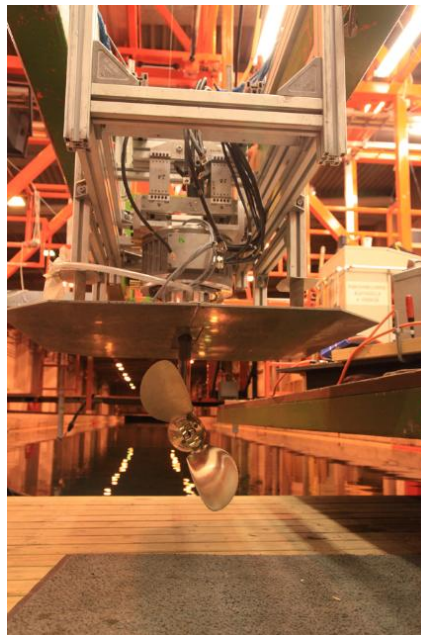
suunta, syvyys, veden lämpötila, tuulen suunta ja nopeus, moottorin pyörimisnopeus, virta/A, akun jännite / V ja kapasiteetti/Ah). Myös sähköpropulsio oli toiminnassa vene-
retken aikana. Voitiin havaita, että sähköpropulsiolaitteisto pystyi purjehduksen aikana
vapaasti pyöriessään lataamaan akustoon satama-ajon kuluttaman energiamäärän akuston
varauksen vaihdellessa 83–114 Ah:n välillä vastaten 59–81 %:n varausastetta.

11.2 Sähköpropulsiolaitteiston testaus laivalaboratoriossa

Vapaasti pyörivän, purjehdusveneille (kokoluokkaan 40 jalkaa, 7 tonnia asti) suunnitellun
sähköpropulsiolaitteiston (Oceanvolt SD 8.6, 8,6 kW, 48 V, 2500 rpm, 1,93:1) (Kuva
11-2) energian tuottoa testattiin laivalaboratoriossa vetolaitteen avulla.

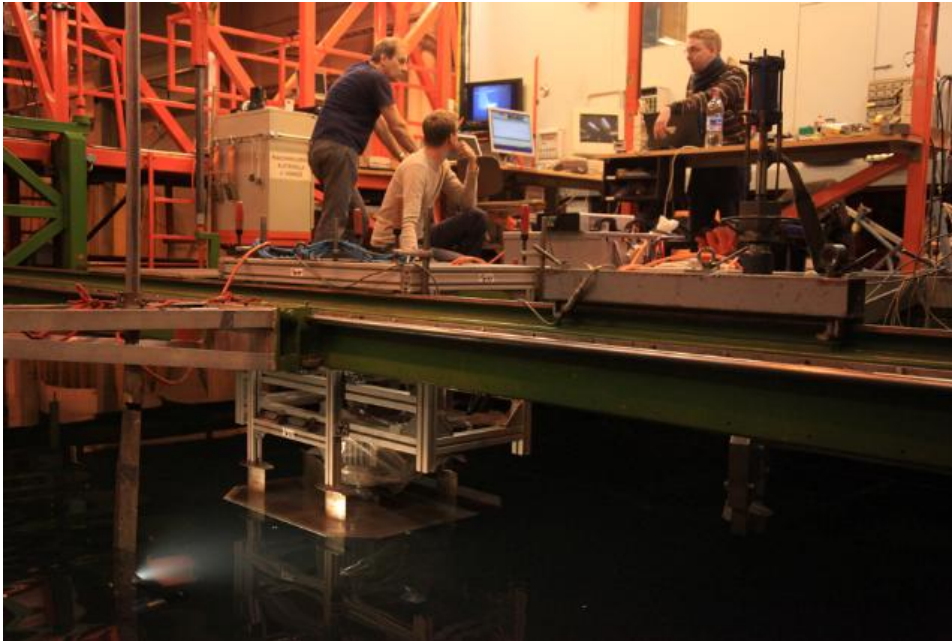


Kuva 11-2. Purjehdusveneiden sähköpropulsiomootori (Oceanvolt SD 8.6).



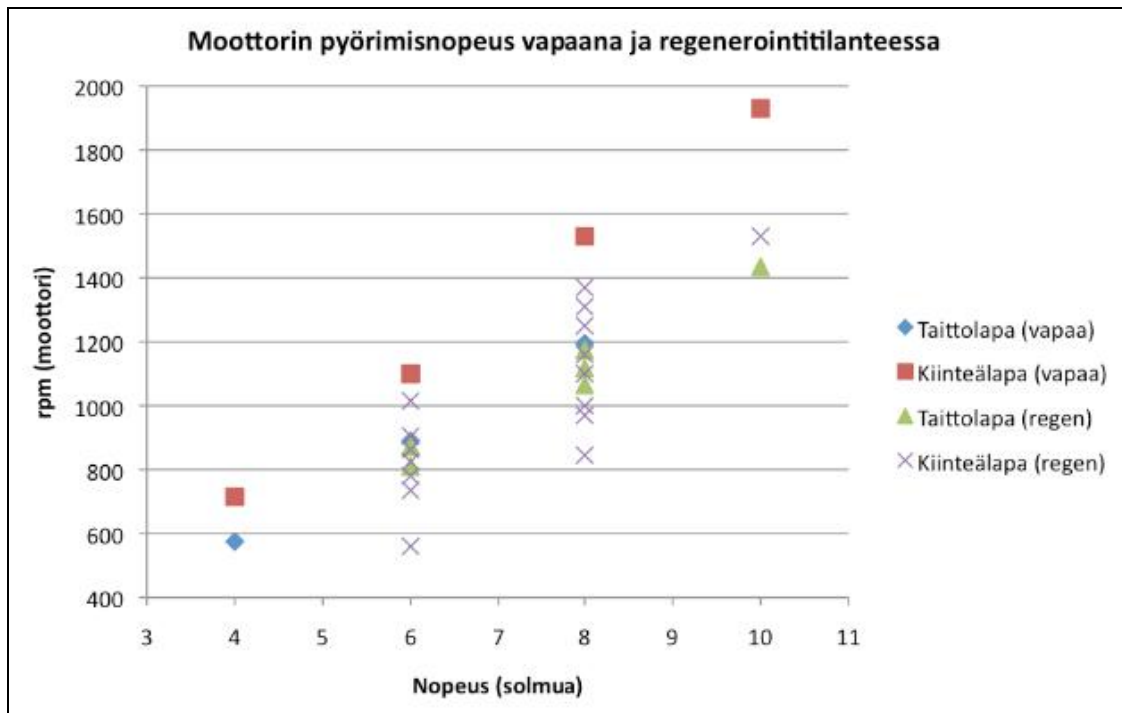
Kuva 11-3. Sähköpropulsiomootori asennettuna testilaitteeseen.

11. Testaukset ja mittaukset

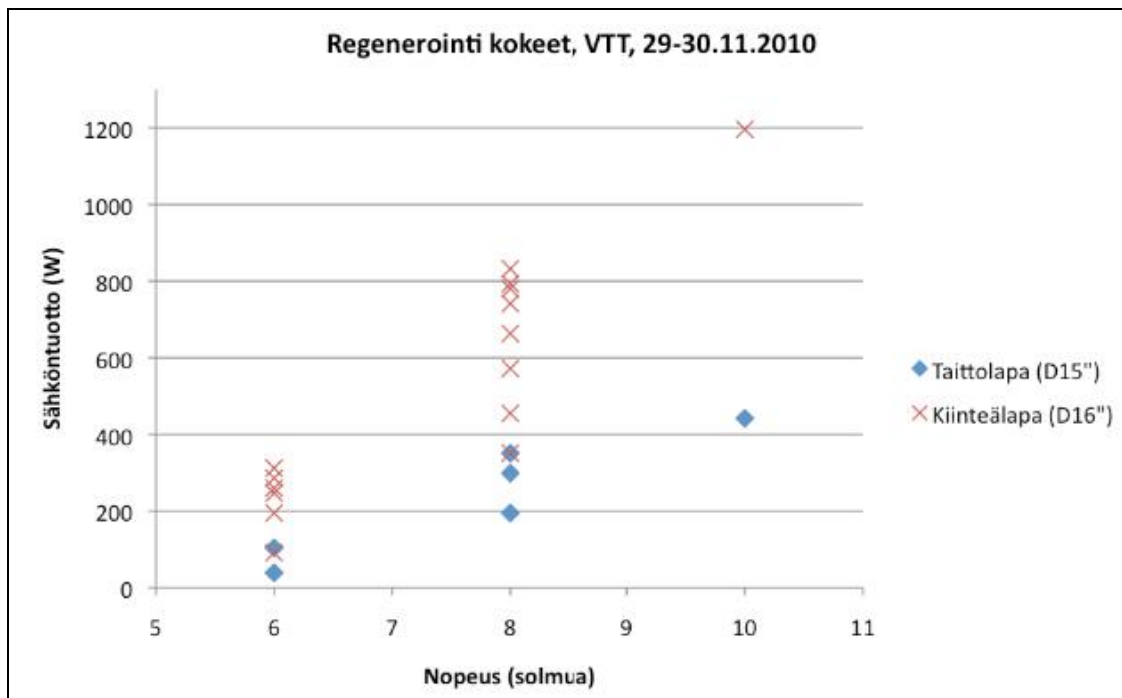


Kuva 11-4. Sähköpropulsiomootorin tuottaman energian mittaus laivalaboratoriossa Otaniemessä.

Testiajojen tarkoituksena oli selvittää propulsiolaitteen tuottama energia, jota voitaisiin käyttää mm. veneen akkujen lataukseen purjehduksen aikana. Testiajoja tehtiin sekä taittolapaisella että kiinteälapaisella potkurilla usealla moottorin vastuksella ja usealla nopeudella (4, 6, 8 ja 10 solmua). Pyörimisnopeuksien mittaukset on esitetty kuvassa (Kuva 11-5), josta voidaan havaita kiinteälapaisella potkurilla varustetun moottorin pyörivän sekä vapaana että sähköntuottotilanteessa (regenerointi) nopeammin kuin taittuvalapaisella potkurilla varustetun järjestelmän moottori. Sähkön tuotto (Kuva 11-6) taittolapaisella potkurilla 6 solmun ajonopeudella eri vastuksilla oli 30–104 W, ja kiinteälapaisella 91–312 W. 8 solmulla taittolapaisella saatiin suurin tuottolukema 351 W ja kiinteälapaisella 832 W. 10 solmun nopeudella taittolapaisen tuotto oli 442 W ja kiinteälapaisen 1196 W.



Kuva 11-5. Moottorin (potkurin) pyöriminen vapaana ja sähköntuotossa eri nopeuksilla



Kuva 11-6. Sähköntuotto taittelapaisella ja kiinteälapaisella potkurilla.

11.3 Akkujen lataus–purkaus-hyötysuhteen testaus ja vertailu

Testauksessa tarkasteltiin venekäyttöön soveltuvan 12 V:n nimelliskapasiteetiltaan 320 Ah:n AGM- ja litium-ioniakkua ja niiden lataus–purkaus-hyötysuhteen eroja. Testaukseen valittiin nimelliskapasiteetiltaan verrannolliset akustot: MasterVoltin maahan-tuoma 12 V: n litiumrauta-fosfaattiakku Mli 12/320, joka sisälsi hallinta- ja balansointi-elektronikan, kaksi Mastervoltin 160 Ah:n AGM-akkua ja European Batteriesin 336 Ah:n litiumrautafosfaattiakku (EBattery 40). Käytännössä litium-akun käytettävissä olevaa kapasiteettia 256–302 Ah vastaamaan olisi tarvittu neljä 160 Ah:n AGM-akkua.

Mastervolt-akkujen latauksessa käytettiin saman akkuvalmistajan 35 A:n laturia ja sen kolmivaiheista latausta: 1. *bulk*-vaihe: jatkuva virta maksimijännitteeseen 35 A, 2. *absorption*-vaihe: ladataan stabiloidussa jännitteessä, kunnes virta saavuttaa minimi-tason, ja 3. *float*-vaihe: ylläpitolataus akun pitämiseksi vakiojännitteessä. AGM-akun *float*-jännite oli 13,80 V (20 °C) ja *absorption* 14,25 V (20 °C). Akut pitäisi ladata uudelleen, kun avoimen piirin jännite putoaa alle 12,3 V:iin. AGM-akuilla ei tyypillisesti käytetä purkaustapahtuman aikaista ohjaus- ja mittauspiiriä. Akun käyttöominaisuuksiin kuitenkin vaikuttavat sekä purkausvirta että toimintalämpötila (Taulukko 11-1, Taulukko 11-2 ja Taulukko 11-3).

Taulukko 11-1. Mastervolt AGM-160 Ah:n kapasiteetti vs. lämpötila.

T/ °C	Kapasiteetti %
0	86
20	97
25	100
40	103

Taulukko 11-2. Mastervolt AGM-160 Ah:n nimelliskapasiteetti 25 °C.

	Kapasiteetti/Ah	Virta /A	Purkausaika /h
C20	160	8	20
C10	150	15	10
C5	134	26,8	5
C3	122	40,6	3
C1	92	92	1

Taulukko 11-3. Mastervolt AGM-160 Ah:n minimijännite purettaessa eri virta-arvoilla.

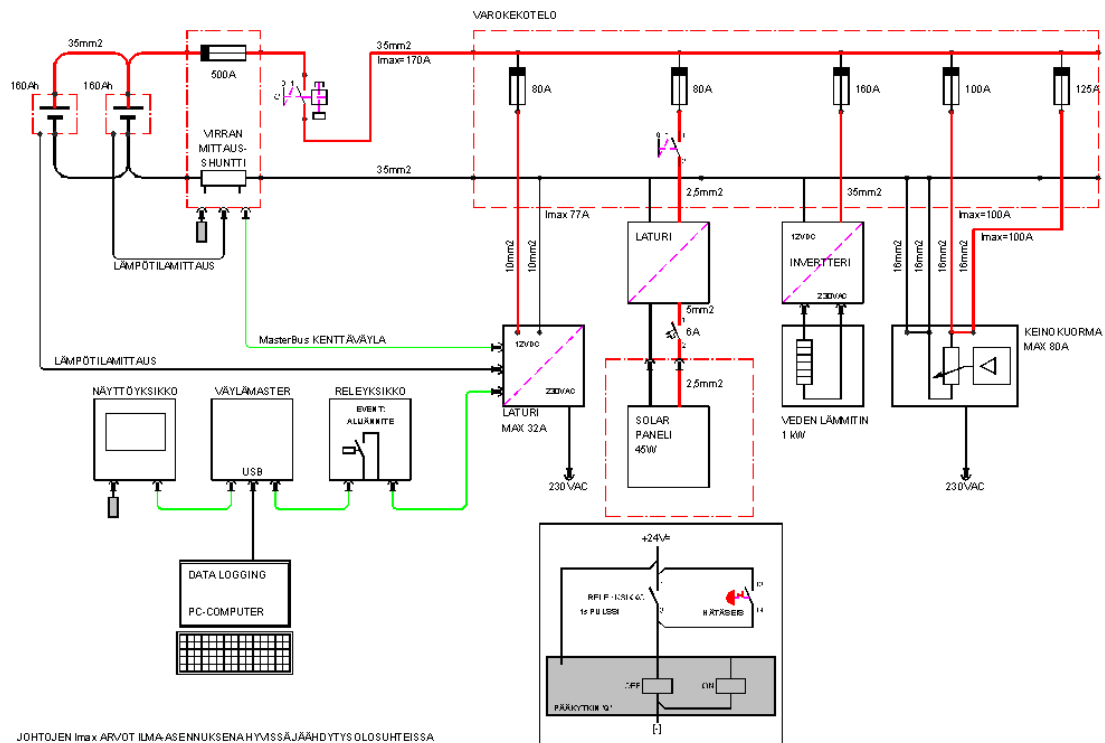
Purkausvirta /A	Purkauksen loppujännite /V
<30	10,8
30–75	10,5
75–150	10,2
>150	9,6

Testissä käytetyn litium-akuston kapasiteetti eri purkausajoilla on 320 Ah (Taulukko 11-4).

Taulukko 11-4. Mastervolt Mli 12/320 -litium-akun kapasiteetti eri purkausajoilla.

	Kapasiteetti/Ah	Virta /A	Purkausaika /h
C20	320	16	20
C10	320	32	10
C5	320	64	5
C3	320	106,6	3
C1	320	320	1

Seuraavassa kuvassa (Kuva 11-7) on esitetty Mastervolt akkujen testijärjestely.



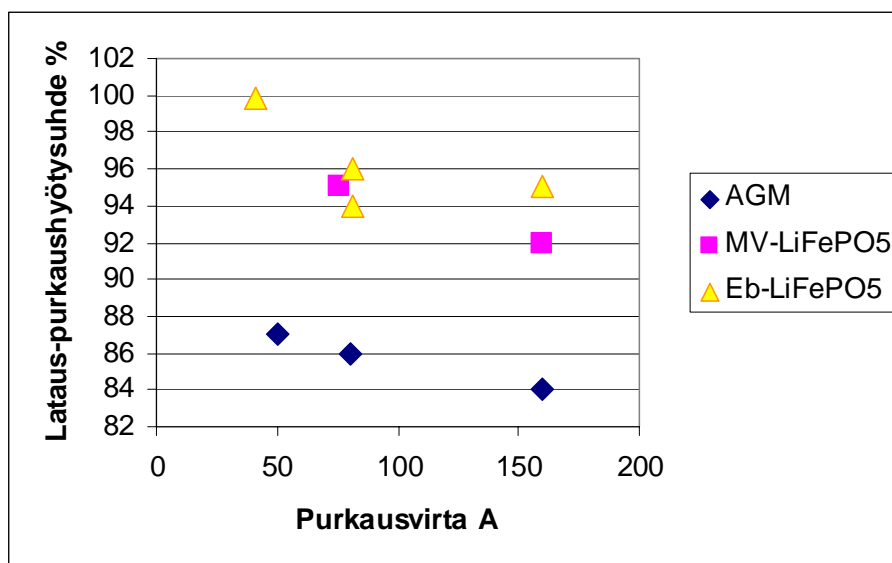
Kuva 11-7. Akkujen vertailutestauksen (kuvassa kaksi AGM-akkua) ja aurinkopaneelin testausjärjestely laboratorioissa.

11. Testaukset ja mittaukset

Mastervolt-akkuja ladattiin laturin automaattisella kolmivaiheisella lataustoiminnolla, jossa suurin latausvirta oli 35 A. Litium-akun hallintajärjestelmä keskusteli Masterbus-väylän avulla laturin kanssa, ja laturi asetti akkua vastaavat arvot automaattisesti. Hallintajärjestelmä sisälsi virta-, jännite- ja lämpötilamittaukset. Lyijyakkujen lämpötilamittaus suoritettiin erillisillä antureilla, jotka olivat kiinni väylässä. Akun tyyppi ilmoitettiin laturille, joka hoiti konfiguroinnin automaattisesti. Masterview-näyttöyksikköön voidaan valita näytettävät arvot, ja releyksikölle voidaan antaa eri tapahtumista lauka- kausuehjoja. Järjestelmän tarkempi konfigurointi ja datan keräily suoritettiin PC:llä käyttäen valmistajan vapaasti Internetistä ladattavissa olevaa hallintaohjelmaa.

European Batteries-akkuja ladattiin ~23,5 A latausvirtaa antavalla laturilla. Akusto käsitti hallintalaitteiston, jossa oli akkujen jännitteen automaattinen tasaus (balansointi)-ominaisuus.

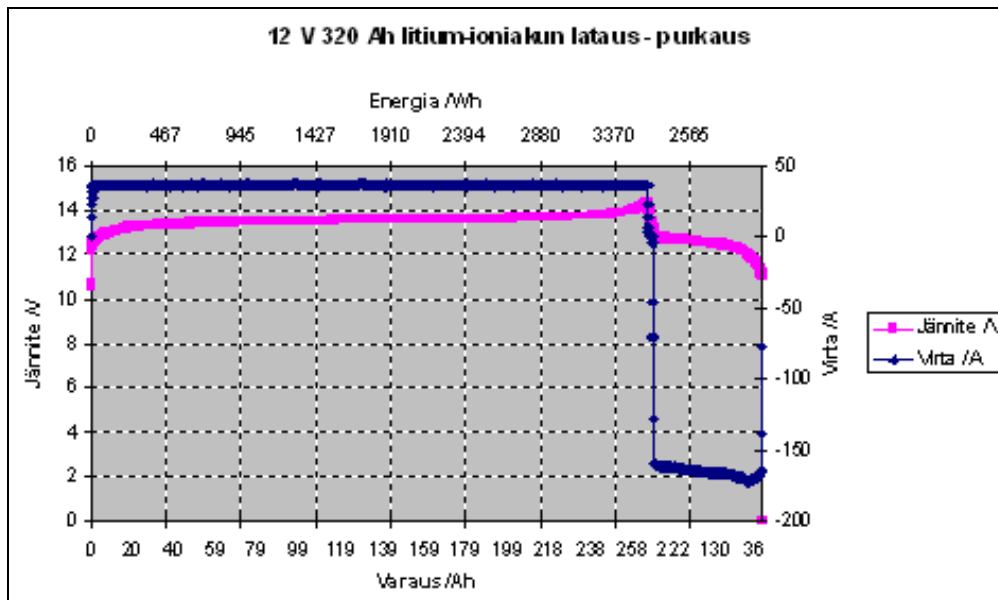
Molemmissa järjestelmissä mittausdata kerättiin n. 1 m:n kaapelien ja mittaushuntin kautta Mastervoltin järjestelmällä. Ebattery40:stä mittaukset saatiin myös suoraan akun sisäisestä järjestelmästä. Purkausta tehtiin kummallekin akkujärjestelmälle useilla virran arvoilla. Hyötysuhde laskettiin lataus- tai purkausenergioista. Litiumakkujen hyötysuhde vaihteli purkausvirran mukaan 92–99 % ja lyijy-akun 84–87 % (Kuva 11-8).



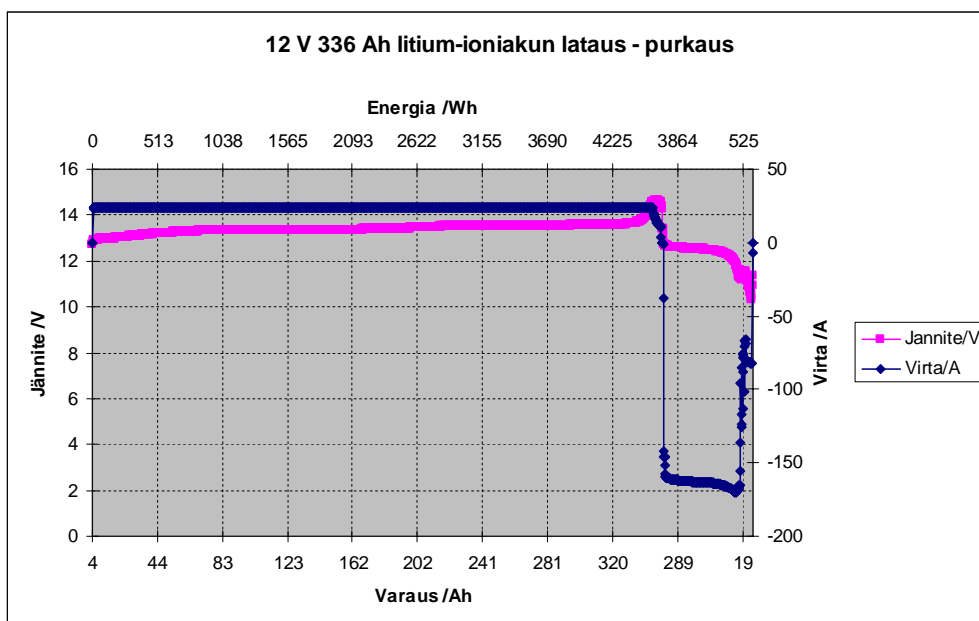
Kuva 11-8. Lyijy-akun ja litium-akkujen lataus-purkausenergiahyötysuhteen vertailutestien tuloksia eri purkausvirroilla ympäristön lämpötilan vaihdelta 22–30 °C.

Seuraavissa kuvissa on esitetty 320 Ah:n Mli-litium-akuston (Kuva 11-9) ja AGM-akkujen (Kuva 11-11) lataus-purkaustapahtuman mittaustulokset 160–172 A:n purkausvirralla. AGM-akkuja käytettiin poikkeuksellisesti 35–100 %:n kapasiteetilla. Tälle AGM-akutyypille ei kuitenkaan suositella toistuvaa alle 50 % nimelliskapasiteetin purkausta. Mli-litium-akkuja käytettiin 20–100 %:n kapasiteetilla. Lataus-purkaus-

hyötysuhteeksi (saatu/ladattu energia) saatiin tällöin litium-akulla 92 % ja AGM-akulla 84 %. 10 esittää 336 Ah:n Ebattery40-litiumakun lataus-purkaustapahtuman mittaustulokset ~160 A:n purkausvirralla. Akkua käytettiin 100 %:n kapasiteetilla. Hyötysuhteeksi saatiin tällöin 95 %.

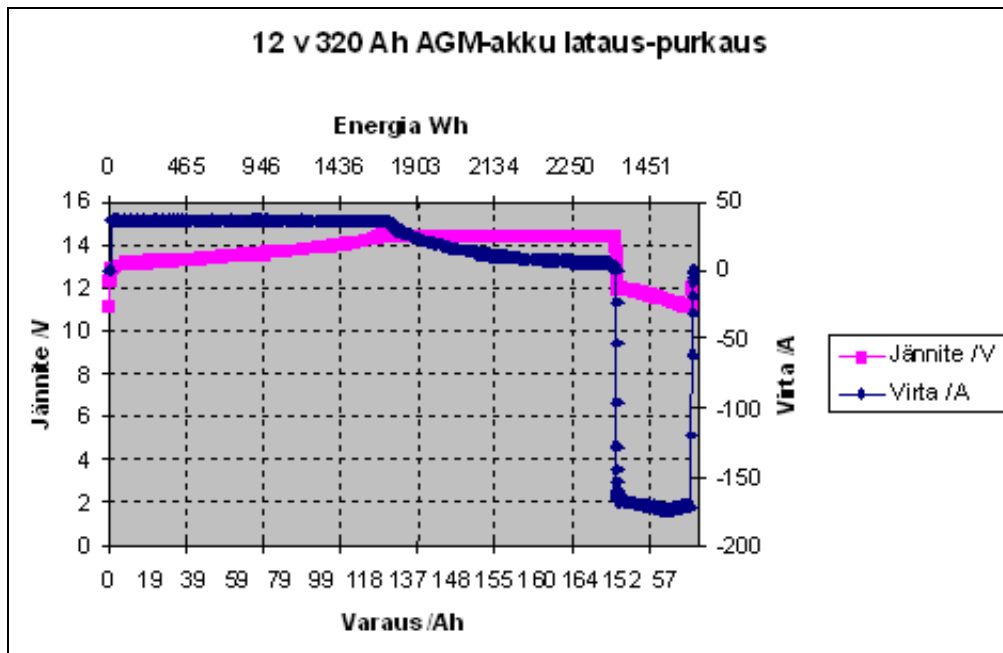


Kuva 11-9. Litiumrautafosfaattiakun (Mastervolt) lataus-purkaus-testi.



Kuva 11-10. Litiumrautafosfaattiakun (EBattery40) lataus-purkaus-testi.

11. Testaukset ja mittaukset






Kuva 11-11. Lyijyakun (AGM) lataus-purkaus-testi.

Seuraavassa taulukossa (Taulukko 11-5) on esitetty vertailujen akkujen nimellis- ja mittausarvoja.

11. Testaukset ja mittaukset

Taulukko 11-5. 320 Ah:n 12 V:n litiumrautafosfaatti- ja AGM-akkujen vertailu.

Ominaisuus	Litiumrautafosfaatti-akku Mli 12/320 	Litiumrautafosfaatti-akku EBattery40 4s8p 	AGM-akut (syväpurkaus) 
Jännite	12 V	12 V	12 V
Nimellis-kapasiteetti	320 Ah	336 Ah (C/5)	2 akkua à160 Ah (C20)
Käyttöalue	80 % DoD = 256 Ah	90 % DoD = 302 Ah	50 % DoD = 160 Ah (2 akkua) (256 Ah kapasiteettitarve vastaa käytännössä 4 kpl 160 Ah akkua)
Jännitealue	11 V – 14,25 V, Un=13,25 V	10 V – 14,6 V, Un=12,8 V	13,80 V (float), 14,25 V (abs.) (avoimen piirin jännite 11,64 V vastaa 0% varausta, 12,72 V 100 %)
Syklinen elinikä	<2000 sykliä	3000 sykliä (100% DoD)	665 sykliä (50 % DoD)
Testiakuston rakenne	Akku sisältää 2x4 kpl litiumrautafosfaatti-kennoa, älykkään hallintaelektronikan ja väyläliitännän.	Akku sisältää 32 kpl litiumrautafosfaatti-kennoa, älykkään hallintaelektronikan ja väyläliitännän.	Testissä 2 erillistä 160 Ah:n akkua rinnan kytkettynä. Kukin akku sisältää 6 kennoa.
Imax (lataus-purkaus)	320 A (pulssi alle 10 s.<3200A)	336 A (pulssi alle 10 s. ≤1344A)	630 A (CCA DIN), (pulssi ≤ 10 s. ≤ 900A), Imaxlataus= 45A
I jatkuva suosit.	100 A	336 A (1C)	≤ 150 A
I oikosulku	ei tiedossa	~1,5 kA	3500 A
Mitattu lataus-purkausenergia hyötysuhde (T=22 – 28 °C)	lataus ~35 A: purkaus ~76 A: 95 %, purkaus ~160 A: 92 % (T=22 – 28 °C)	lataus ~23,5 A: purkaus ~81 A: 94 – 96 % (T=22 – 28 °C), purkaus ~160 A: 95 % (T=24– 30 °C)	lataus ~35 A: purkaus ~80 A: 86 %, purkaus ~160 A: 84 % (T=22 – 24 °C)
Paino	55,3 kg	41,7 kg	2 x 44,4 kg = 88,8 kg, (4 x 44,4 kg = 177,6 kg)
Mitat p x l x k mm	623x199x345	556x170x317	485x170x242
Asennusasento	Tarkoitettu käytettäväksi pystyasennossa.	Vapaa (ei kannen varaan).	Max. kulma 180°
Itsepurkautuv.	<3 % /kk		~3 % /kk (20 °C)
Toimintalämpötila	-20 – +60 °C	-25 – +60 °C (purk.) -10 – +40 °C (lat.) -40 – +60 °C (var.)	-20 – +55 °C

Yhteenveto vertailututkimuksesta

AGM ja litiumakkujen vertailutestaus toteutettiin käyttäen Mastervoltin Mli-litium- ja AGM-akkaa sekä laturia, antureita ja suojalaitteita sekä Masterbus-väylällä ja European Batteriesin Ebattery40-litiumakulla. Tutkimuksen tarkoituksena oli tuoda veneilijöille tietoa mm. litiumakkujen ja AGM-akkujen lataus-purkausenergian hyötysuhde-eroista tietyssä testiympäristössä. Tutkimus ei ole vertailussa olleiden akkutyypien tarkka hyötysuhdemittaustesti.

Masterbus-väylän konfigurointi ja mittaustietojen keräily määrittelyt tehtiin väylään USB-liitännän avulla liitetyllä PC:llä ja valmistajan tähän tarkoitukseen tekemällä, yleisesti saatavissa olevalla ohjelmalla. Konfigurointi ja tietojen keräily määrittely oli helppoa, ja koko suojaus-, informaatio- ja datankeräily toimi järjestelmänä hyvin.

Testauksessa oli mukana nimellisjännitteeltään 12 V:n ja nimelliskapasiteetiltaan 320-336 Ah:n akustot. AGM-akkujärjestelmä muodostettiin kahdesta rinnan kytketystä 160 Ah:n akusta. Litium-akut olivat litiumrautafostaattiakustoja, jotka oli varustettu suojaus-, balansointi- ja väyläliitälaitteilla.

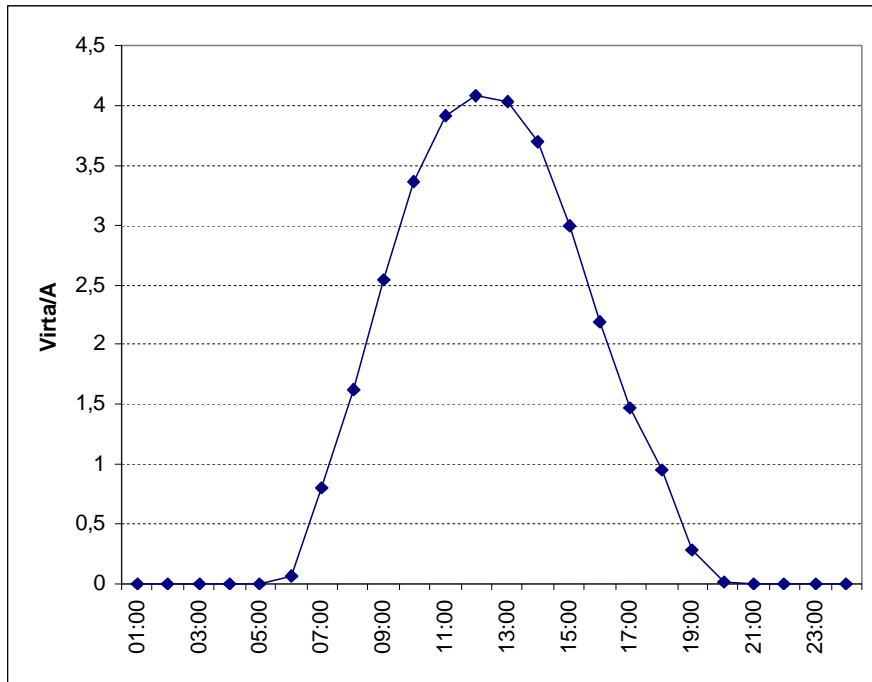
Akustot eivät vastanneet toisiaan käytettävissä olevalta kapasiteetiltaan. Testatulle Mli-litium-akustolle jatkuvassa käytössä suositeltu kapasiteetti on 256 Ah suositellulla maksimipurkaussyvyydellä 80 %. Vastaava arvo AGM-akustolle on 2*80 Ah maksimissaan 50 % purkaussyvyydellä. Näin ollen olisi tarvittu neljä 160 Ah:n AGM-akkaa saman kapasiteetin saamiseksi jatkuvaan käyttöön. Tällöin myös toisiaan vastaavien järjestelmien painojen suhde vastaisi 55,3 kg:n (tai Ebattery40 41,7 kg) litium-akustoa ja 177,6 kg:n AGM-akustoa.

Akkuja purettiin useilla eri virran arvoilla ympäristön lämpötilan vaihdeltaessa 22–28°C. Litiumakkujen hyötysuhde vaihteli purkausvirran mukaan 92–99 % ja lyijy-akun 84–87 %. Kummankin akkutyypin lataus-purkaus-hyötysuhde laski purkausvirran suureudessa. AGM-akuston hyötysuhde oli noin 9 % pienempi kuin litium-akuston.

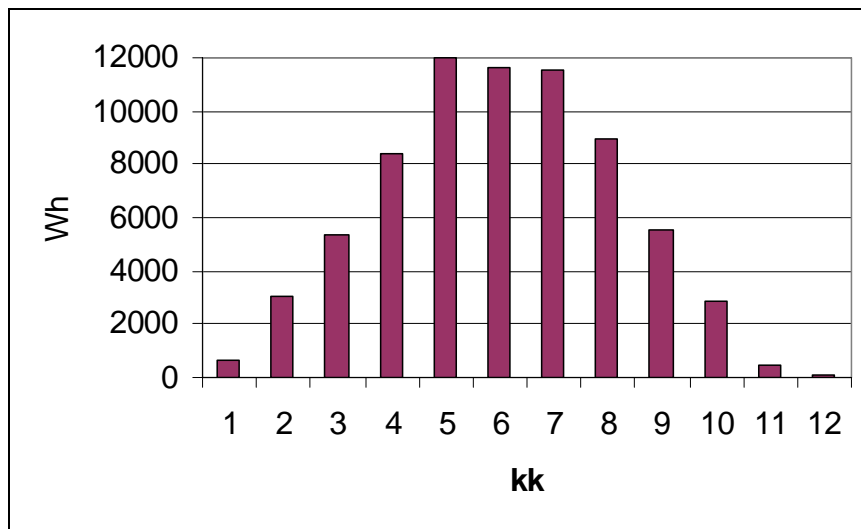
11.4 Aurinkopaneelin testaus

Akkujen testauspiirillä testattiin myös veneilykäyttöön soveltuvaa aurinkopaneelia (Solara Semiflexible 12 V/68 W/3,67 A). Paneelin monikidekennot on laminoitu meriveden kestäväälle eloksoidulle alumiinille. Paneelin mitat ovat 800 x 645 x 5 mm ja paino 4,9 kg. Paneelilla ladattiin AGM-akkuja käyttäen MasterVoltin Solarcharger -laturia. Heinäkuussa tyypillinen aurinkoisien keskipäivän latausvirta oli 4 A ja lokakuussa 2 A. Seuraavassa kuvassa (Kuva 11-12) on 68 W:n paneelin tyypillinen keskimääräinen virta heinäkuun päivän tunteina paneelin ollessa 0-asteen kulmassa etelään suunnattuna. Esimerkkipäivän energian tuotto on 384 Wh. Kuvassa (Kuva 11-13) on laskettu tyypillinen vuotuinen energiantuotanto Helsingin alueella paneelin ollessa tasolla 0-asteen kulmassa.

11. Testaukset ja mittaukset



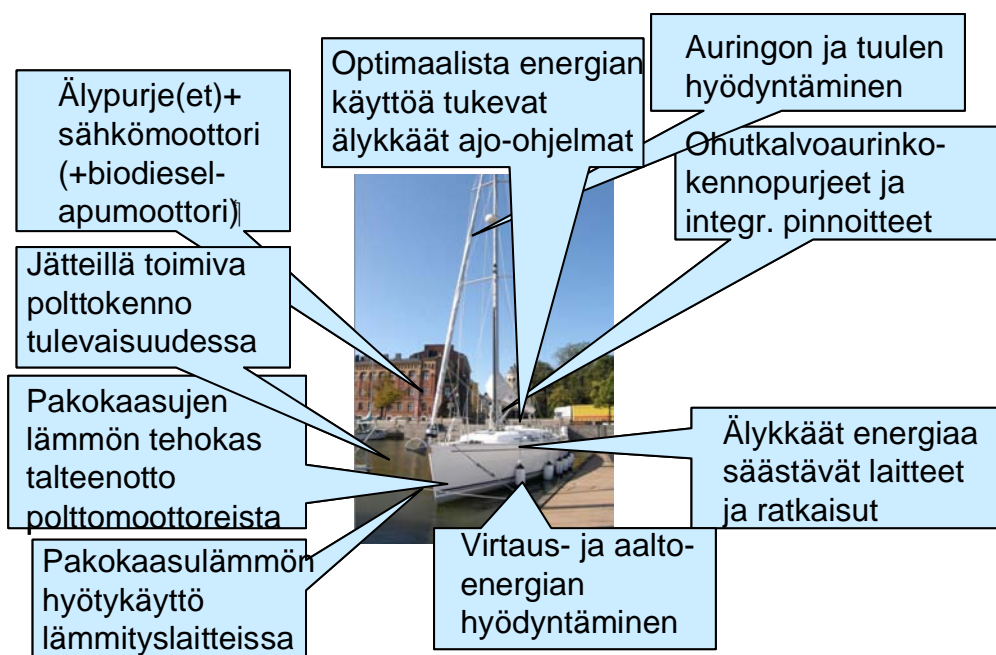
Kuva 11-12. 68 W:n monikidepaneelin virta heinäkuun päivänä.



Kuva 11-13. 68 W:n monikidepaneelin tyypillinen energian tuotto Helsingin alueella tasopinnalla.

12. Yhteenveto veneiden energianhallintaan liittyvistä potentiaalisista uusista konsepteista

Veneiden energiankäyttöä voidaan tulevaisuudessa tehostaa useita eri tekniikoita ja teknologioita hyödyntäen (Kuva 12-1).



Kuva 12-1. Veneiden energianhallinnan osatekijöitä.

Potentiaalisin ja jo valmista teknologiaa osittain hyödyntävä on uusiutuvien energiamuotojen tehokas hyödyntäminen. Purjeveneessä luonnollisesti hyödynnetään tuulta, mutta pienellä tuuligeneraattorilla on mahdollista myös ladata akkuja satamassa. Aurinkoenergiaa voidaan hyödyntää aurinkolämpöä keräävillä laitteilla tai aurinkosähköä akkujen lataukseen. Aurinkokennoja käytetään jo etenkin purjeveneissä ja uusien aurinkokennomateriaalien tullessa markkinoille myös purjeissa ja pinnoitteena veneen kansiosissa. Keskeisiä veneilyn energianhallinnan teemoja tulevaisuudessa ovat

12. Yhteenveto veneiden energianhallintaan liittyvistä potentiaalisista uusista konsepteista

- monimuotohybridit energian tuotannossa
- akustoratkaisujen optimointi, standardointi ja laajennettu käyttö
- uudet tietotekniset ratkaisut
- lämpöenergian talteenotto ja hyötykäyttö
- biopolttoaineet ja niiden käyttöön soveltuvat moottorit
- veneiden verhoilurakenteet ja -faasimuutosmateriaalit, ulkopinnan pinnoitteet
- veneiden rakenne ratkaisut.

12.1 Monimuotohybridit energian tuotantoon

Veneiden energian tuotannossa tullaan vähitellen siirtymään yhä laajenevassa määrin sähköenergian käyttöön joko erilaisten rajoitusten ja määräysten mutta myös käyttäjien ympäristötietoisuuden takia. Energian tuotannon sähkömoottoria hyödyntäviä monimuotohybridiratkaisuja on lukuisia. Potentiaalisia ratkaisuja, joita tuottaa muun muassa kehittyvä autoteollisuus, ovat esimerkiksi

1. dieselmoottori-sähkömoottori-akusto
 - oikosulkumoottori tai kestopagneettimoottori dieselmoottorin apuna
2. sähkömoottori-dieselmoottori-akusto
 - pieni dieselkone akuston lataamiseen
3. sähkömoottori yksin käyttömoottorina (aluksi lähinnä pienemmissä veneissä, akuston painon pienetessä ja hinnan pudotessa tulee kustannustehokkaaksi myös suuremmissa veneissä).

Myös polttokenno veneen energialähteenä lienee tulevaisuudessa potentiaalinen ratkaisu, kun kennot kehittyvät edelleen.

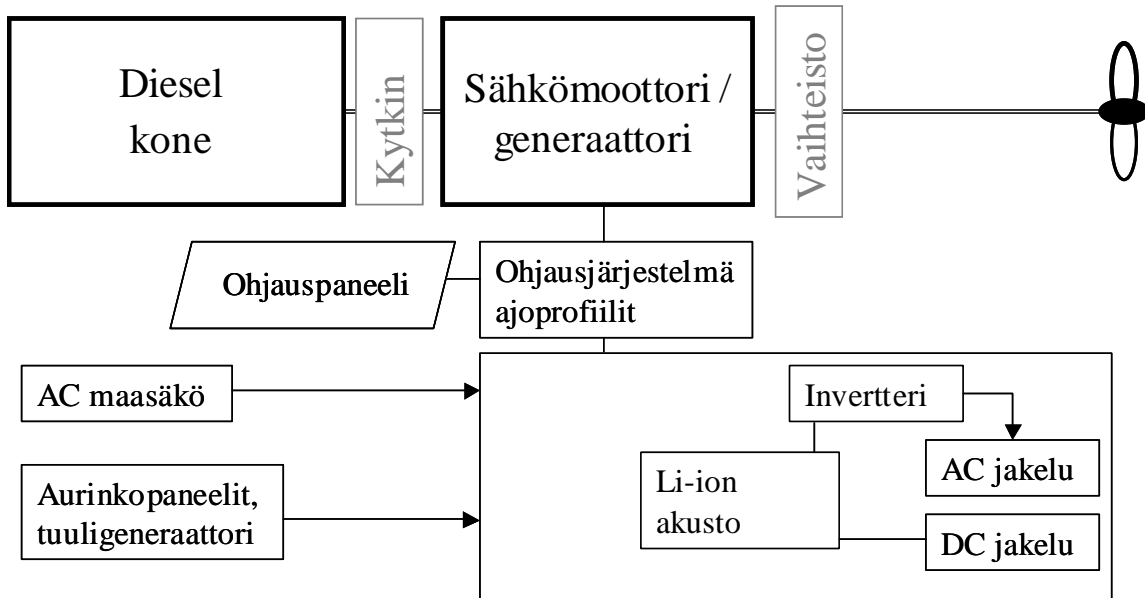
Maasähkö tuotetaan pelkästään uusiutuvia energialähteitä hyödyntäen. Maasähkön lisäksi akustojen lataukseen käytetään veneen uusiutuvia energialähteitä, joita ovat

- a. aurinkoenergia / erilliset kennot, joustavat kennot purjeissa, muovi/komposiittikennopinnoitteet
- b. tuulienergia, tuuligeneraattori
- c. virtausenergia, vapaasti pyörivä potkuri.

Sähkömoottori mahdollistaa moottoriveneellä liikkumisen myös niillä järvillä, joissa polttomoottorin käyttö on kielletty juomaveden oton takia. Toisaalta sähkömoottorilla voidaan ajaa satamissa ja hoitaa muut hidasta etenemistä vaativat tehtävät (pelastustoiminta, kalastus). Hybridiratkaisut, kuten dieselmoottori-sähkömoottori-akusto-järjestelmät, mahdollistavat monipuolisen liikkumisen. Sähkömoottori voi olla tasavirta-, kestopagneetti- tai oikosulkumoottori. Toisaalta pientä dieselkonetta voidaan käyttää pelkästään akuston lataamiseen. Sähkö- ja hybridijärjestelmien ansiosta uusiutuvaa tuuli- ja aurinkoenergiaa

12. Yhteenveto veneiden energianhallintaan liittyvistä potentiaalisista uusista konsepteista

(erilliset kennot, joustavat kennot purjeissa, muovi/komposiitti-kennopinnoitteet) voidaan hyödyntää akkujen lataamisessa (Kuva 12-2). Purjeveneissä myös vapaasti pyörivän sähkömoottorin potkurin avulla voidaan ladata akkuja.



Kuva 12-2. Esimerkki eräästä monimuotohybridityypistä.

12.2 Akustoratkaisujen optimointi, standardointi ja laajennettu käyttö

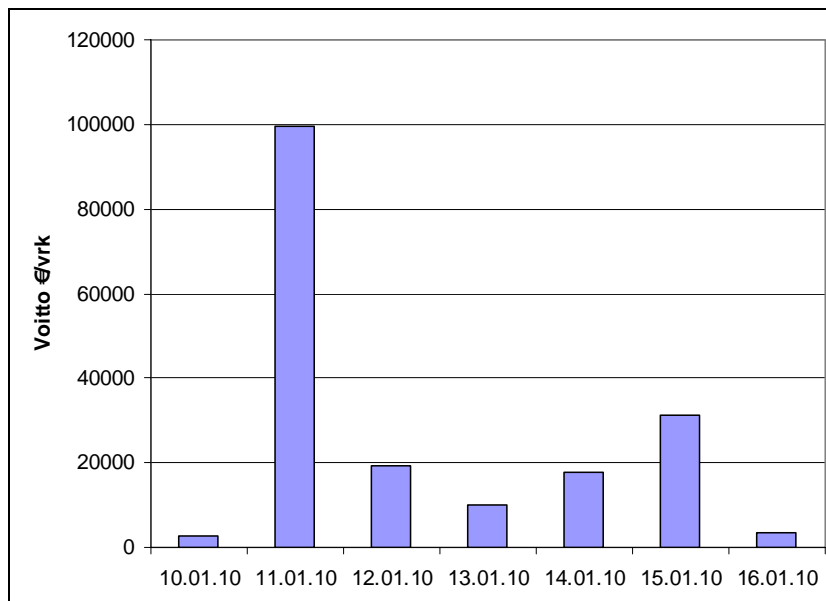
Litium-akkujen pitkä fyysinen elinikä (esim. 10–20 vuotta) ja suuri käytettävissä lataus-purkaus-sykliden määrä (2 000–7 000 täyttä sykliä) mahdollistaa litium-akkujen käytön muuhunkin kuin veneilytarpeisiin. Akkujen liitäntä-, ohjaus- ja mittauspiirien, käytettävien jännitteiden ja myös akkutilojen standardoinnin ansiosta akkuja voidaan käyttää myös laajemmin.

- Akut (lähinnä litiumrautafosfaattiakut) balansointipiireineen kootaan asiakasystävälliseksi paketiksi, jossa on valmis liitäntäpistoke esimerkiksi 12 tai 24 V:n jännitteellä.
- Akkupaketteja voidaan kytkeä sarjaan ja rinnan koko järjestelmän kasaamiseksi.
- Veneiden akkutilat standardoidaan ja akkujen helppo siirrettävyys pois veneestä varmistetaan.
- Akkujen maasähköliitännät tehdään kaksisuuntaisiksi, jolloin akkuja voidaan sekä ladata että purkaa laiturissa (esim. kesämökin sähkönsyöttö / akkujen lataus uusiutuvista energiamuodoista tuotetulla sähköllä). Nyt tämä on mahdollista vain käytettäessä suojajännitteistä tasasähköä. Vaihtosähköjärjestelmät

12. Yhteenveto veneiden energianhallintaan liittyvistä potentiaalisista uusista konsepteista

edellyttävät erityisjärjestelyjä, kiinteää liitintää tai uusien kosketussuojaisten kaksisuuntaisten pistotulpparatkaisujen kehitystä.

- Talviaikaan litium-akkujen suurta lataus–purkaus-syklireserviä hyödynnetään kiinteistöjen varavoimana, sähköautojen latausreservinä tai sähkökaupan välineenä.
- Skenaario: Jos kaikki moottorilla varustetun veneen omistajat vaihtaisivat edes osan lyijyakkuihin esimerkiksi 48 V 160 Ah:n litium-akustoon, talvisai-kaan olisi 833,3 GWh energiavarastoa käytettävissä. Jos sitä purettaisiin ja ladattaisiin verkkoon veneilijältä ylijäävä 10*170 sykliä, tämän vuoden talve- na olisi 170 purkaus–lataus-syklillä saanut tuottoa 2,99 M€(27.9.09–16.2.10) Elspot-hintojen mukaan. Laskelmassa ei ole huomioitu mitään kustannuksia, esimerkiksi akkujen käyttöön ja hankintaan liittyviä kustannuksia, verkkoon- liitälaitteita, kuljetuksia jne. Tuotto ilman kustannuksia 160 Ah:n akustoa kohden olisi vain 24,4 €/v, joten litium-akun hankinta ei yksistään tällä perus- teella olisi kannattavaa.



Kuva 12-3. Esimerkki vuorokausituotoista Elspot-hinnoilla viikon aikana 833,3 GWh:n akustolla.

12.3 Uudet tietotekniset ratkaisut

Uudet tietotekniset ratkaisut ohjaavat ja optimoivat veneen laitteita ja säästävät siten energiaa. Myös seuraavat ratkaisut auttavat hallitsemaan energiataloutta:

- ohjelmistotekniset tuotteet (ohjaavat, opastavat ja kouluttavat ohjelmistot)
- veneen ohjausta tukevat ohjelmat (*autopilot*, *smart sailing assistant*)

12. Yhteenveto veneiden energianhallintaan liittyvistä potentiaalisista uusista konsepteista

- veneen kurssin ohjaus reaaliaikaisesti (minimoi ajan ja polttoaineen käytön ja huomioi purjehduksen turvallisuuden ja mukavuuden)
- optimointi: kohde – nykyinen positio – nykyinen suunta – todellinen tuulen suunta/nopeus, paikallis-kokonaisoptimi, sääennuste.

Ratkaisut parantavat energiataloutta paitsi suoraan laitteiden ohjauksen avulla myös vähentämällä huollon tarvetta ja laitteiden kulumista sekä toisaalta ohjaamalla päätöksentekoa esimerkiksi ennustamalla sääennusteen avulla sitä, kuinka kauan eri satamissa kannattaa viipyä.

13. Veneilijöiden mielipiteiden kartoitus

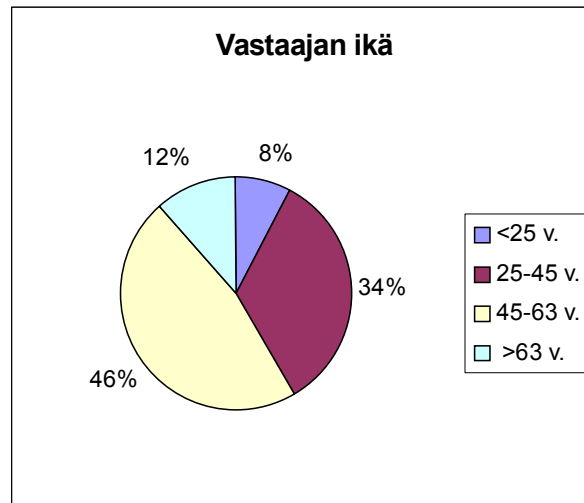
Veneilijöiden mielipidettä tutkimusalueeseen liittyvistä asioista kartoitettiin kirjallisella kyselytutkimuksella kahtena päivänä Turun Venemessut -tapahtumassa 16–17.10.2010. Veneilijöiden mielipiteitä kartoitettiin seuraavista asioista:

- energian säästö
- ”vihreät” arvot
- ”vihreä” laiturisähkö
- aurinkokennot
- tuuliturbiinit
- litium-akut
- sähkömoottori
- biopolttoaineet
- säästävä ajovalinta
- autopilotti
- purjehdusautomaatio
- satamapalvelutiedot
- purjehduskoulutussimulaatio.

Vastauksia saatiin yhteensä 104 kappaletta. Koska vastaajia oli verrattain vähän, ovat tulokset lähinnä suuntaa-antavia. Seuraavassa tekstissä on tehty yhteenvetoja kyselytutkimuksen tuloksista.

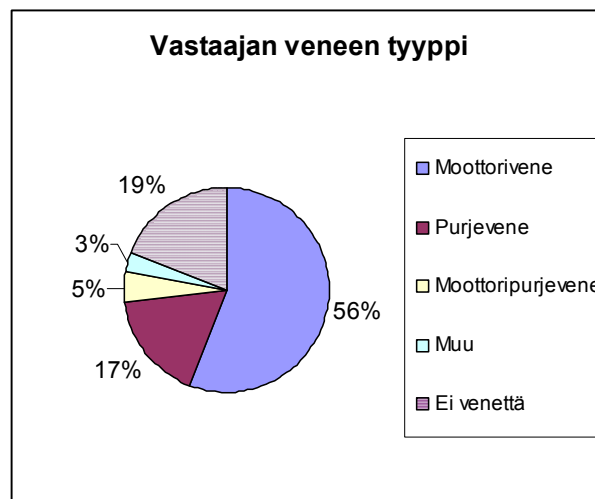
Vastaajista 46 % oli iältään 45–63-vuotiaita (Kuva 13-1). 74 % kaikista vastaajista oli miehiä.

13. Veneilijöiden mielipiteiden kartoitus



Kuva 13-1. Kyselytutkimukseen vastanneiden ikäjakauma.

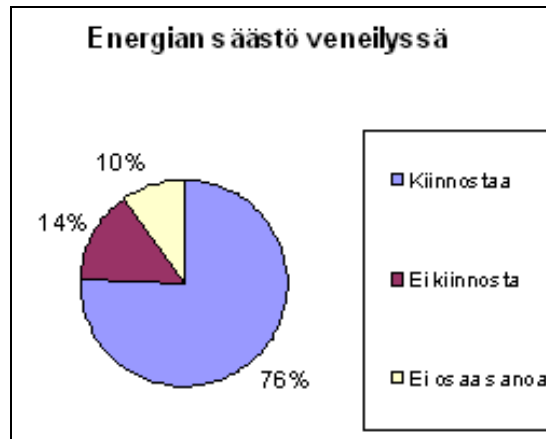
Vastaajista 56 % omisti moottoriveneen ja 17 % purjeveneeseen (Kuva 13-2).



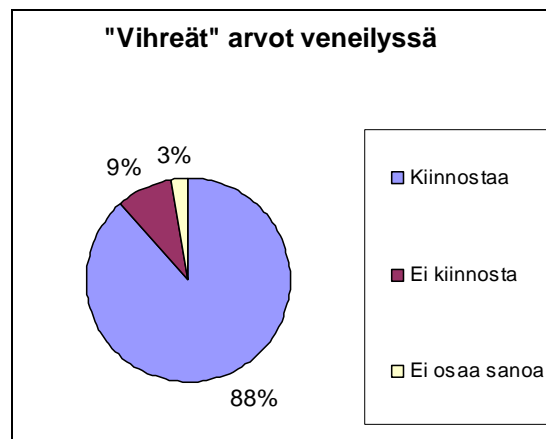
Kuva 13-2. Vastaajan veneen tyyppi.

76 % vastaajista oli kiinnostunut energian säästöstä veneilyssä (Kuva 13-3), 88 % vastaajista kannatti vihreitä arvoja veneilyssä (Kuva 13-4) ja 57 % vastaajista oli kiinnostunut uusiutuvista energialähteistä peräisin olevasta ”vihreästä” laiturisähköstä (Kuva 13-5).

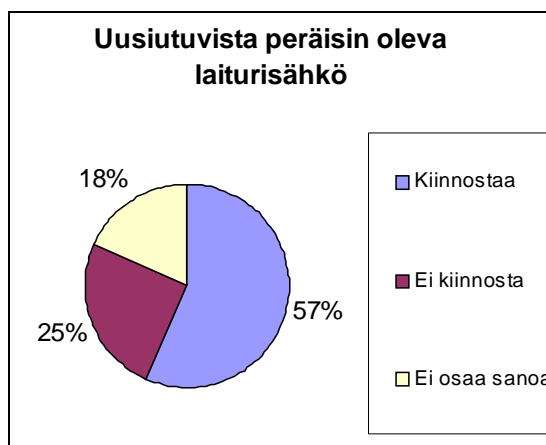
13. Veneilijöiden mielipiteiden kartoitus



Kuva 13-3. Vastaajien kiinnostus energian säästöön veneilyssä.



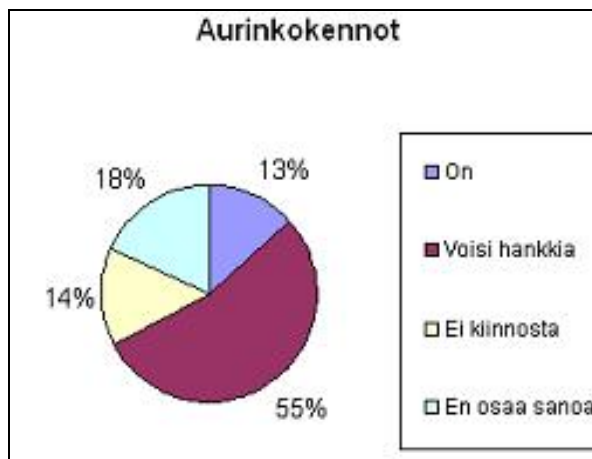
Kuva 13-4. Vastaajien kiinnostus "vihreisiin" arvoihin veneilyssä.



Kuva 13-5. Vastaajien kiinnostus "vihreään" laiturisähköön.

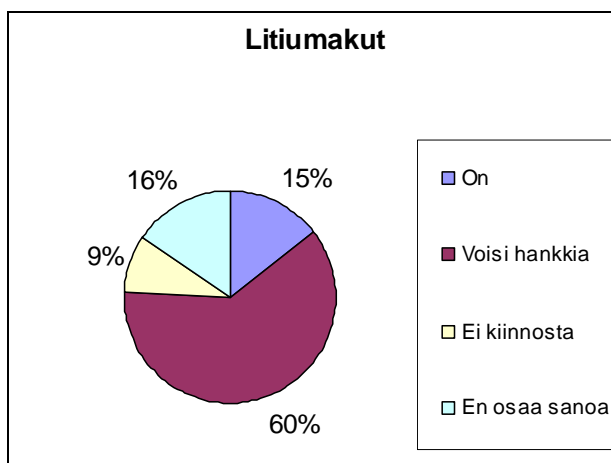
13. Veneilijöiden mielipiteiden kartoitus

13 %:lla vastaajista oli jo aurinkokenno veneessään, ja 55 % vastaajista oli kiinnostunut aurinkokennoista ja voisi hankkia sellaisen ja (Kuva 13-6). Tuuligeneraattoria ei ollut yhdelläkään vastaajista, 30 % ilmoitti voivansa hankkia sellaisen ja 49 % vastaajista ei ollut kiinnostunut tuuligeneraattorista.



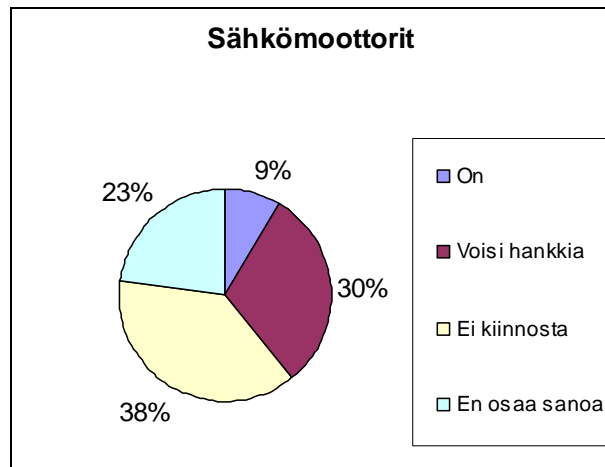
Kuva 13-6. Kiinnostus aurinkokennojen käyttöön.

15 %:lla vastaajista oli jo litium-akut, ja 60 % oli kiinnostunut hankkimaan sellaiset (Kuva 13-7).



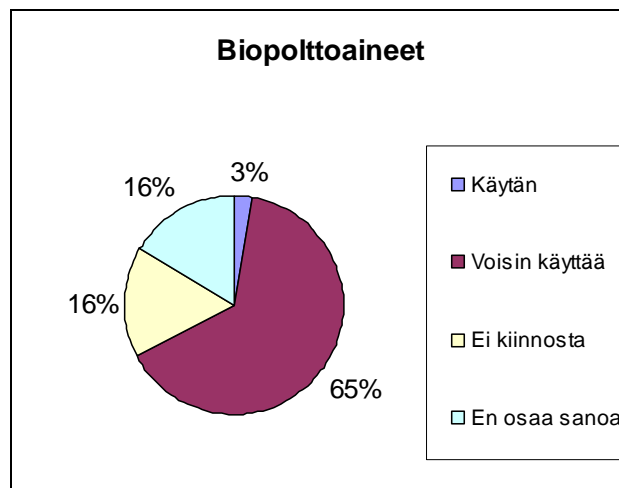
Kuva 13-7. Kiinnostus litium-akkuihin.

9 %:lla vastaajista oli sähkömoottori veneen käyttömootorina, 30 % ilmoitti voivansa hankkia sellaisen ja 38 % ei ollut kiinnostunut sähkömoottorista. Suurten veneiden omistajat olivat toisaalta kyllä kiinnostuneita hankkimaan sähkömoottorin jollaansa.



Kuva 13-8. Kiinnostus sähkömoottoreihin veneen käyttömootorina.

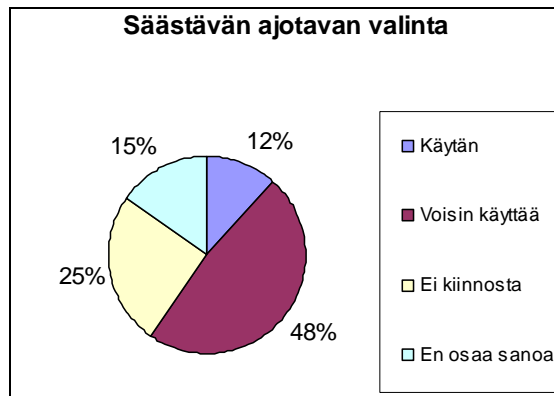
Kolme vastaajaa (3 %) käytti jo biopolttoainetta veneessään, ja 65 % oli kiinnostunut käyttämään sitä, jos sitä olisi saatavilla ja se sopisi heidän moottoriinsa.



Kuva 13-9. Kiinnostus biopolttoaineiden käyttöön.

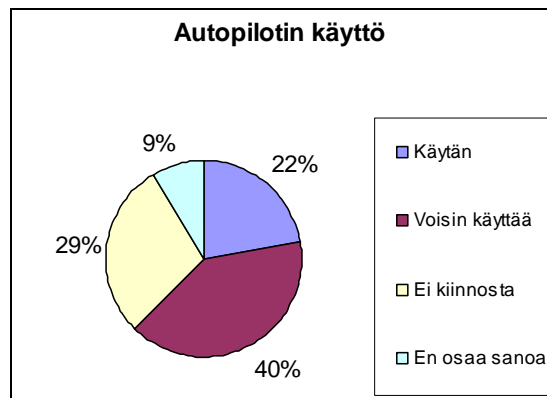
12 %:lla vastaajista oli jo käytössään säästävän ajotavan valintamahdollisuus (Kuva 13-10). 48 % oli kiinnostunut hankkimaan sellaisen. 25 % vastaajista ei ollut kiinnostunut tällaisesta automatiikasta, mutta osa oli kyllä kiinnostunut energian säästöstä ja ilmoitti tuntevansa veneensä jo niin hyvin, että pystyy ajamaan venettään polttoainetta säästäen.

13. Veneilijöiden mielipiteiden kartoitus



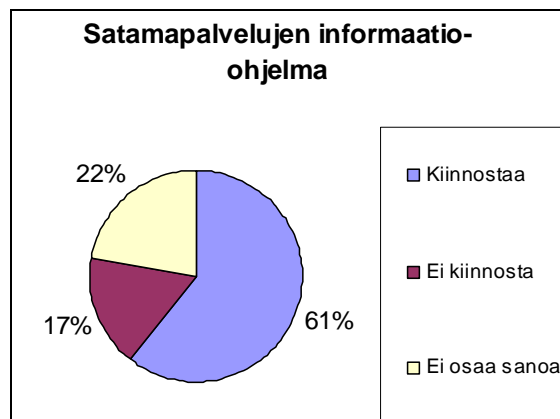
Kuva 13-10. Kiinnostus säästävän ajotavan valintamahdollisuuteen.

Autopilotti oli jo käytössä 22 %:lla vastaajista, ja 40 % vastaajista oli kiinnostunut käyttämään sitä.



Kuva 13-11. Kiinnostus autopilotin käyttöön.

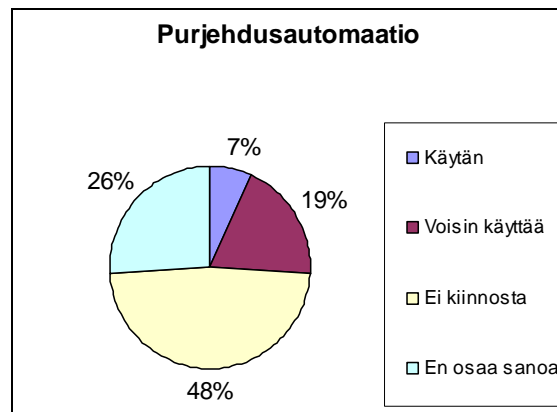
Lähestyviä satamia ja niiden palveluista informaatio-ohjelma kiinnosti laajasti, sillä 61 % vastaajista olisi ollut kiinnostunut hankkimaan sellaisen (Kuva 13-12).



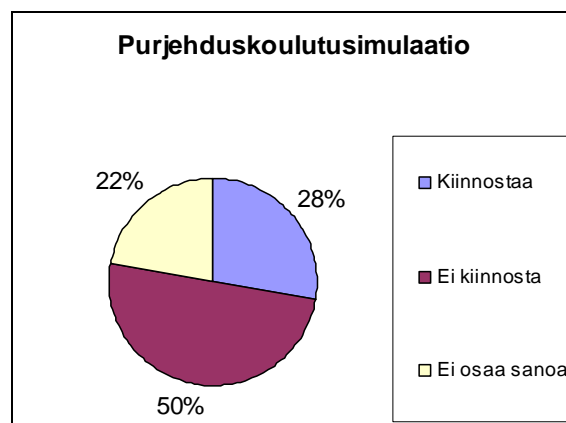
Kuva 13-12. Kiinnostus satamapalvelujen informaatio-ohjelmaan.

13. Veneilijöiden mielipiteiden kartoitus

Haastattelussa kysyttiin myös purjehdusautomaatiosta ja purjehduskoulutus-ohjelmasta, vaikka kohderyhmässä olikin purjehtijoita enemmän moottoriveneilijöitä: 56 %:lla oli moottorivene ja vain 17 %:lla purjevene tai moottoripurjevene (5 %:lla). Purjehdusautomaatio oli jo käytössä 7 %:lla vastaajista, ja 19 % vastaajista voisi hankkia sellaisen. Purjehduksesta kiinnostuneen kohderyhmän todellinen kiinnostusprosentti oli näin ollen merkittävä (Kuva 13-13). Purjehduskoulutus-ohjelma kiinnosti 28 %:a vastaajista. 50 % vastaajista ei ollut kiinnostunut siitä (Kuva 13-14). Heistä suurin osa oli joko erittäin kokeneita purjehtijoita tai moottoriveneilijöitä. Toisaalta myös nämä vastaajat näkivät koulutus-ohjelman keinoksi saada uusia harrastajia mukaan veneilyyn.



Kuva 13-13. Kiinnostus purjehdusautomaatio-ohjelmaan.

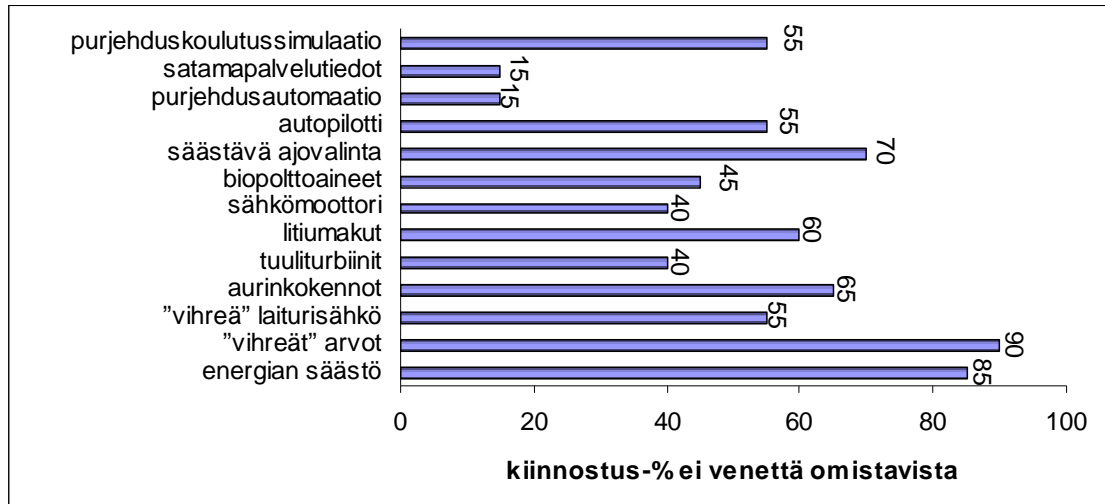


Kuva 13-14. Kiinnostus purjehduskoulutus-ohjelmaan.

Mukana haastattelussa oli 20 veneilystä kiinnostunutta mutta ei omaa venettä omistavaa asiakasta, joista kuitenkin 70 % harrasti veneilyä aktiivisesti. 35 % tästä ryhmästä oli naisia ja 70 % oli iältään 25–63 vuotta. Heistä osa voisi olla lähitulevaisuudessa veneen

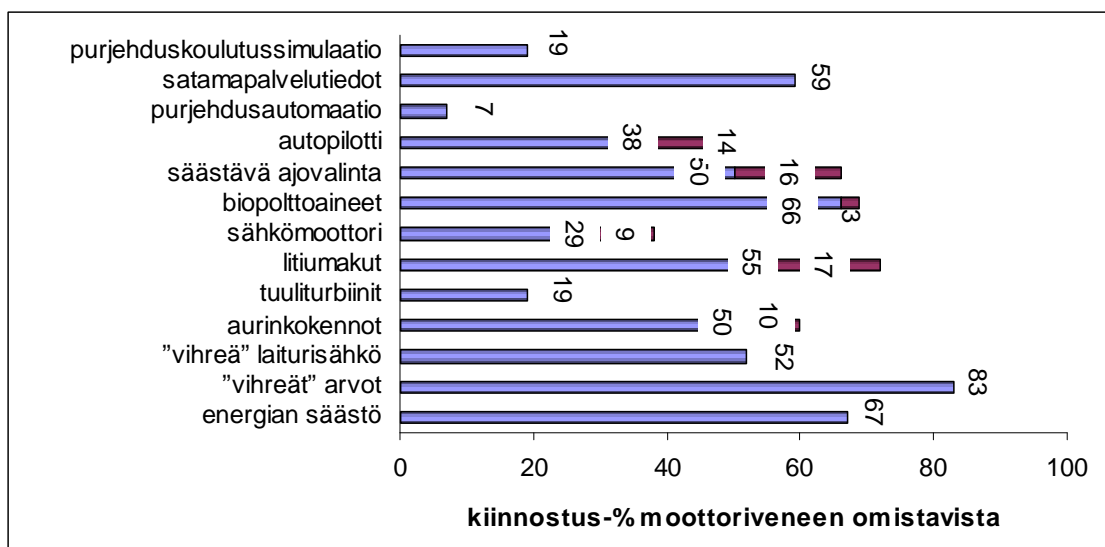
13. Veneilijöiden mielipiteiden kartoitus

ostajia. Näitä asiakkaita kiinnosti erittäin paljon ”vihreät” arvot (90 %), energian säästö (85 %) ja säästävän ajotavan valintaohjelmat (70 %):



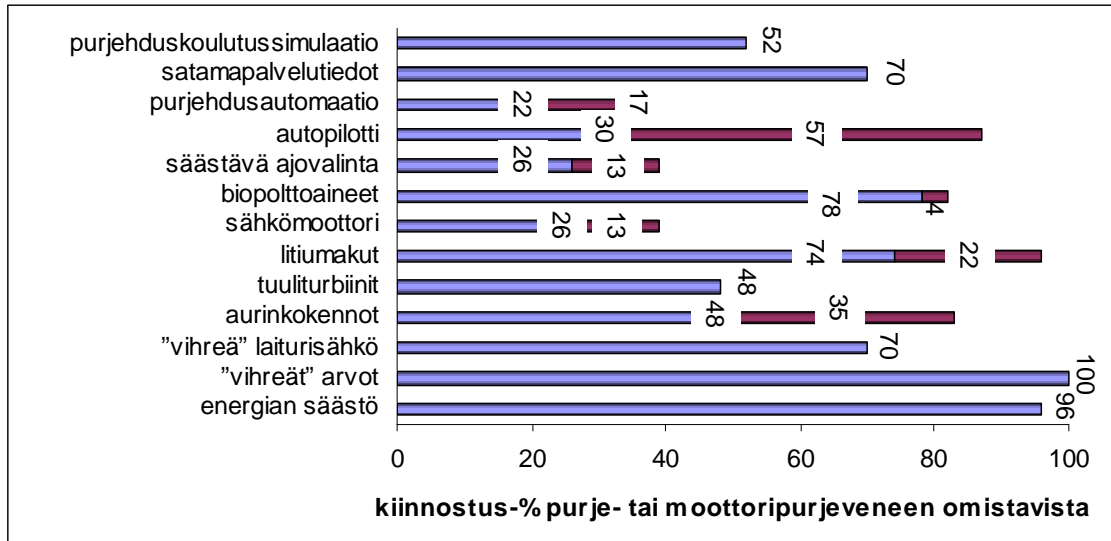
Kuva 13-15. Niiden haastateltavien kiinnostuksen kohteet, jotka eivät omista venettä.

Moottoriveneilijöistä (Kuva 13-16) 83 %:a kiinnosti vihreät arvot ja energian säästö (67 %). Myös biopolttoaineiden käyttömahdollisuus kiinnosti 66 %:a moottoriveneilijöistä, ja 3 % jo käytti biopolttoainetta veneessään. Litium-akkuja käytti 17 % moottoriveneilijöistä, ja lisäksi 55 % oli kiinnostuneita hankkimaan sellaiset. Myös laajempi satamapalveluinformaatio (59 %) ja säästävän ajotavan valinta (60 %) kiinnosti haastateltavia, ja 16 % käytti jo jonkin asteista säästävän ajotavan valintajärjestelmää.



Kuva 13-16. Niiden haastateltavien kiinnostuksen kohteet, jotka omistavat veneen.

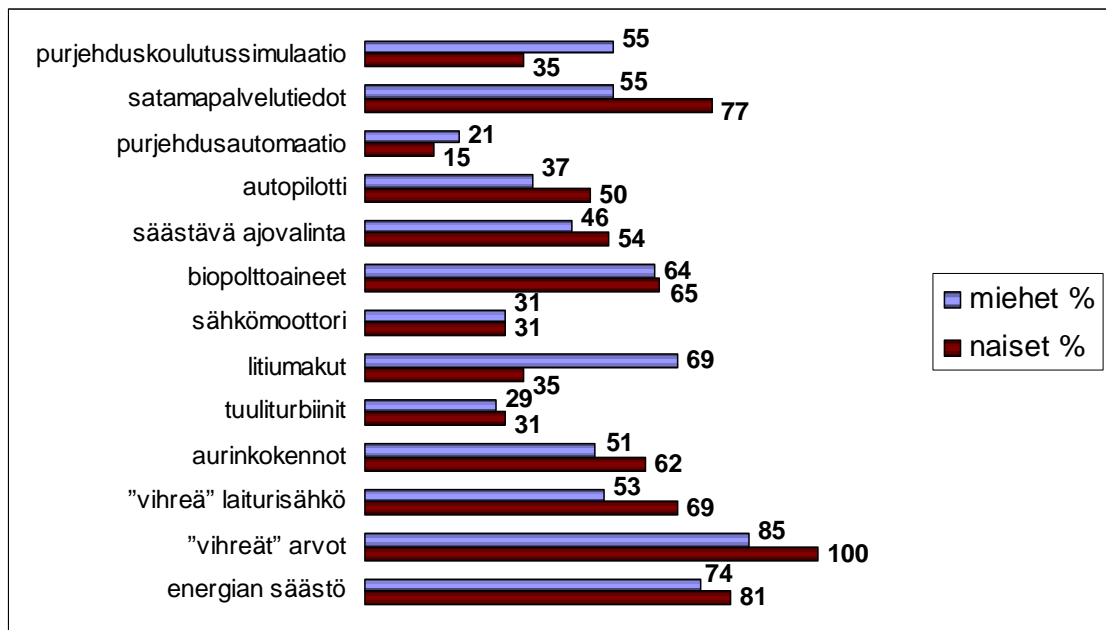
Purjeveneilijät olivat odotusten mukaisesti kaikkein kiinnostuneimpia energian säästöstä (96 %), ja kaikki olivat kiinnostuneita vihreistä arvoista. 4 % ilmoitti jo käyttävänsä biopolttoainetta veneensä moottorissa, ja 78 % oli kiinnostunut käyttämään sitä. 22 %:lla oli jo litium-akut, ja 74 % vastaajista oli kiinnostunut hankkimaan sellaiset. Myös satamien palveluinformaatio kiinnosti (70 %) purjeveneilijöitä. 52 % kiinnostui purjehduskoulutussimulaatio-ohjelmasta.



Kuva 13-17. Niiden haastateltavien kiinnostuksen kohteet, jotka omistavat purje- tai moottoripurjeveeneen.

Naiset olivat hieman kiinnostuneempia vihreistä arvoista (100/85 %), energian säästöstä (81/74 %) ja vihreästä laiturisähköstä (69/53 %) kuin miehet. Satamapalveluinformaatiota naiset olisivat halunneet selkeästi miehiä enemmän (77/55 %). Myös aurinkokennoja (62/51 %) naiset olisivat halunneet miehiä enemmän. Litium-akut ja purjehduskoulutussimulaatio kiinnostivat taas selkeästi vähemmän naisia kuin miehiä (35/69 % ja 35/55 %).

13. Veneilijöiden mielipiteiden kartoitus



Kuva 13-18. Kiinnostusprosentit eri sukupuolilla.

14. Yhteenveto

Uusien veneiden suunnittelutavoitteena ovat paitsi kustannustehokkuus ja suuret myyntivolyymit myös ympäristöystävällisyys, jo kiristyvien määräystenkin takia. Myös asiakkaat vaativat yhä enemmän ympäristöarvojen ja toisaalta turvallisuus- ja mukavuustekijöiden huomioimista venesuunnittelussa, kuten edellä esitetyn kyselynkin tulokset osoittavat. Näihin arvoihin vaikuttavat suuresti myös veneen energian käyttöön ja tuotantoon liittyvät tekijät.

Veneiden valmistajien lisäksi merkittäviksi tekijöiksi alalle ovat tulossa uusien, asiakkaita paremmin tyydyttävien laitteiden ja palveluiden tarjoajat, ja tällä alueella kasvu voi olla merkittävää. Ympäristöä ja energiaa säästävät ja uusiutuvia energialähteitä hyödyntävät tuotteet ja palvelut ovat saamassa selkeästi lisää ostajakuntaa myös veneilijöiden keskuudessa. Tämä avaa mahdollisuuksia uusille toimijoille. Myös perinteisten toimijoiden, kuten venevalmistajien, tulisikin huomioida nämä uudet tarpeet, jotta loppuasiakkaille voitaisiin tarjota paras mahdollinen ratkaisu heti venettä hankittaessa ja jotta asiakkaat olisivat tietoisia kaikista uusista mahdollisuuksista.

Kuten kesämökeissä myös etenkin asuttavissa matkaveneissä halutaan säilyttää sama asumisen laatu kuin pysyvässä asunnossakin. Tämä merkitsee asumiseen ja oleiluun liittyvän varustuksen lisääntymistä ja laadun parantumista veneissä. Toisaalta myös sähkön tarve lisääntyy paljon kuluttavien laitteiden myötä. Ympäristövaatimukset etenkin järviolueilla johtavat sähkömoottorien käyttöön jopa isompitehoisissa veneissä. Sähkön riittävyys edellyttää litium-akun tapaisia tehokkaita akkuja, joita voidaan ladata ajon aikana uusiutuvilla energialähteillä. Myös polttokennot voivat olla ratkaisu sähkön tuotantoon polttokennojen kustannusten pienetessä.

Vuoden 2009 vesikulkuneuvorekisterin venemäärien mukaan arvioituna paljon käytetyt yli 20 hv:n perämoottoriveneet ja dieselkäyttöiset sisämoottoriveneet aiheuttavat suurimmat päästöt. Sähkömoottorien käyttö polttomoottorien sijaan tai isommissa veneissä niiden rinnalla hybridijärjestelmänä voikin olla ympäristöystävällinen tulevaisuuden ratkaisu etenkin, jos sähkö tuotetaan uusiutuvista energialähteistä. Myös biopolttoaineet ovat tulossa veneilyyn. Tosin veneiden moottorien tulee kehittyä edelleen, jotta biopolttoaineiden edut saadaan hyödynnettyä.

14. Yhteenveto

Veneiden sähköjärjestelmissä laitteiden yhteensopivuus jo tiedonsiirtoväyläratkaisujen muodossa mahdollistaa asiakkaita palvelevan automaation ja informaatiojärjestelmän kehittymisen. Veneilymukavuutta ja turvallisuutta voidaan lisätä erilaisilla automaatio- ja informaatio-ohjelmistoilla, jotka tuottavat veneilijän tarvitsemia palveluita. Uusia veneilijöitä voidaan saada myös tarjoamalla koulutus- ja simulaatio-ohjelmia, jolloin veneilyn aloituskynnys madaltuu ja kiinnostus alaan kasvaa. Myös audiovisuaalinen purjehdukseen liittyvä interaktiivinen toiminta-seikkailupeli voisi saada nuoret harrastuksen pariin myöhemmin käytännössäkin. Venealalla onkin suuri potentiaali uusien automaattisten, opastavien ja informatiivisten tuotteiden kehitykselle.

Veneilykausi on Suomessa melko lyhyt. Useilla se supistuu vain lomakuukauden ajan toiminnaksi. Uusimmat korkean luokan retkiveneet tarjoavat kuitenkin jo lähes hotellitason asumismukavuutta, ja veneen asunto-osa voisikin periaatteessa toimia talviasuttavana ratkaisuna sijoitettuna esimerkiksi laskettelurinteeseen. Veneiden tehokkaat ja pitkäikäiset litium-akut voidaan hyödyntää paitsi kesämökkien energian lähteenä niin myös talviaikana kiinteistön sähköntuotannossa tasaamaan kulutushuippuja, autojen akkujen lataamiseen tai varavoiman lähteenä sähkökatkosten aikana. Veneen tai sen osien ympärivuotiseksi laajennettu käyttö käy perusteluksi lyhtyaikaisen käytön investoinnille, joten innovaatiot voisivat tuoda veneilyyn mukaan aivan uutta asiakaskuntaa ja toisaalta uutta liiketoimintaa.

Lähdeluettelo

- [1] Grob, G. Future Transportation with Smart Grids & Sustainable Energy. [http://www.iiisci.org/journal/CV\\$/sci/pdfs/YF463SC.pdf](http://www.iiisci.org/journal/CV$/sci/pdfs/YF463SC.pdf).
- [2] Lazarewicz, M. L., Rojas, A. Grid Frequency Regulation by Recycling Electrical Energy in Flywheels. IEEE Xplore 2004.
- [3] Baxter, R. Energy Storage. A Nontechnical Guide.
- [4] Nourai, A. Installation of the First Distributed energy storage system (DESS) at American Electric Power (AEP). Sandia report SAND2007-3580, June 2007.
- [5] Utility Scale Energy storage Grinds into Gear. Climate Change Business Journal. November 2008. Vol. 1, No. 11.
- [6] Firefly Technology. History of our innovation. <http://www.fireflyenergy.com/images/stories/pdfs/white%20paper%204.25.08.pdf>.
- [7] DOE/NETL-2008/1330. Market Analysis of Emerging Electric Energy Storage Systems. Final Report. July 31, 2008.
- [8] Schoenung, S. M., Eyer, J. Benefit/Cost Framework for Evaluating Modular Energy Storage. Sandia report SAND2008-0978.
- [9] Doetsch, C., Berthold, S., Wolf, D., Smolika, T., Tubke, J., Bretschneider, P., Radgen, P. Electrical energy storage from 100 kW – state of the art technologies, realisations, fields of use. Second International Renewable Energy storage Conference (IRES II) 22/11/2007.
- [10] Sauer, D. U., Kowal, J. Detailed cost calculations for stationary battery storage systems. Second International Renewable Energy Storage Conference (IRES II), Bonn, 19.–21.11.2007. Electrochemical Energy Conversion and Storage Systems Group Institute for Power Electronics and Electrical Drives (ISEA) RWTH Aachen University.
- [11] De Breucker, S., Peeters E., Driesen J. Possible applications of Plug-in Hybrid Electric Ships.
- [12] Von Wedel, R. Technical handbook for Marine Biodiesel. April 22, 1999.
- [13] Kauranen, P., Heikkinen, J., Laurikko, J., Seppälä, A. Heat and cold accumulators in vehicles. 2009.
- [14] Parviainen, A. Design of axial-flux permanent-magnet low-speed machines and performance comparison between radial-flux and axial-flux machines. Acta Universitatis Lappeenrantaensis 208.
- [15] Veneiden määrä ja taloudelliset vaikutukset Suomessa. Merenkululaitoksen julkaisuja 5/2005.

- [16] Nylund, N. O. Pienkonebensiin (alkylaattibensiin) laatuporrastus. Muistio 20.5.2010. VTT-M-04217-10.
- [17] Mäkelä, K., Järvi, T., Tuominen, A., Pääkkönen, E. Suomen vesiliikenteen päästöjen las-
kentajärjestelmä. MEERI 2008. VTT-R-08702-09.

VTT Working Papers

- 139 Jukka Hietaniemi & Esko Mikkola. Design Fires for Fire Safety Engineering. 2010. 100 p.
- 140 Juhani Hirvonen, Eija Kaasinen, Ville Kotovirta, Jussi Lahtinen, Leena Norros, Leena Salo, Mika Timonen, Teemu Tommila, Janne Valkonen, Mark van Gils & Olli Ventä. Intelligence engineering framework. 2010. 44 p. + app. 4 p.
- 141 Juha Forström, Esa Pursiheimo, Veikko Kekkonen & Juha Honkatukia. Ydinvoimahankkeiden periaatepäätökseen liittyvät energia- ja kansantaloudelliset selvitykset. 2010. 82 s. + liitt. 29 s.
- 142 Ulf Lindqvist, Maiju Aikala, Maija Federley, Liisa Hakola, Aino Mensonen, Pertti Moilanen, Anna Viljakainen & Mikko Laukkanen. Hybrid Media in Packaging. Printelligence. 2010. 52 p. + app. 7 p.
- 143 Olavi Lehtoranta. Knowledge flows from incumbent firms to newcomers. The growth performance of innovative SMEs and services start-ups. 2010. 36 p. + app. 2 p.
- 144 Katri Grenman. The future of printed school books. 2010. 42 p.
- 145 Anders Stenberg & Hannele Holttinen. Tuulivoiman tuotantotilastot. Vuosiraportti 2009. 2010. 47 s. + liitt. 5 s.
- 146 Antti Nurmi, Tuula Hakkarainen & Ari Kevarinmäki. Palosuojattujen puurakenteiden pitkäaikaistoimivuus. 2010. 39 s. + liitt. 6 s.
- 147 Juhani Viitaniemi, Susanna Aromaa, Simo-Pekka Leino, Sauli Kiviranta & Kaj Helin. Integration of User-Centred Design and Product Development Process within a Virtual Environment. Practical case KVALIVE. 2010. 39 p.
- 149 Tommi Ekholm. Achieving cost efficiency with the 30% greenhouse gas emission reduction target of the EU. 2010. 21 p.
- 150 Sampo Soimakallio, Mikko Hongisto, Kati Koponen, Laura Sokka, Kaisa Manninen, Riina Antikainen, Karri Pasanen, Taija Sinkko & Rabbe Thun. EU:n uusiutuvien energialähteiden edistämisdirektiivin kestävyyskriteeristö. Näkemyksiä määritelmistä ja kestävyuden todentamisesta. 130 s. + liitt. 7 s.
- 151 Ian Baring-Gould, Lars Tallhaug, Göran Ronsten, Robert Horbaty, René Cattin, Timo Laakso, Michael Durstewitz, Antoine Lacroix, Esa Peltola & Tomas Wallenius. Wind energy projects in cold climates. 2010. 62 p.
- 152 Timo Laakso, Ian Baring-Gould, Michael Durstewitz, Robert Horbaty, Antoine Lacroix, Esa Peltola, Göran Ronsten, Lars Tallhaug & Tomas Wallenius. State-of-the-art of wind energy in cold climates. 2010. 69 p.
- 153 Teemu Tommila, Juhani Hirvonen & Antti Pakonen. Fuzzy ontologies for retrieval of industrial knowledge - a case study. 2010. 54 p. + app. 2 p.
- 154 Raili Alanen. Veneiden uudet energiajärjestelmät. 2010. 86 s.