

Sisällys

Esipuhe	6
1 Akkutekniikan peruskäsitteet	8
1.1 Akut ja paristot	8
1.2 Akun varaaminen ja purkaminen	10
1.2.1 Kapasiteetti, lataus- ja purkausnopeus sekä syklit	12
1.2.2 Esimerkkejä	15
1.3 Akkujen ja paristojen historiaa	16
1.3.1 Paristo mullisti sähkötekniikan kehityksen	16
1.3.2 Akkumulaattori eli akku	17
1.3.3 Lyijyakku	18
1.3.4 Nikkelikadmiumakku (NiCd)	18
1.3.5 Nikkelimetallihydridiakku (NiMH)	19
1.3.6 Litiumioniakku	19
1.4 Eri akkutekniikoiden ominaisuudet	22
2 Litiumioniakkutekniikka	28
2.1 Eri akkukemiat sovelluksineen	30
2.1.1 Litiumrautafosfaatti (LFP)	30
2.1.2 Litiumkobolttioksidi (LCO)	32
2.1.3 Litiumnikkelioksidi (LNO)	33
2.1.4 Litiummangaanioksidi (LMO)	33

2.1.5 Nikkelikobolttialumiini (NCA)	33
2.1.6 Nikkelimangaanikoboltti (NMC)	34
2.1.7 Litiumtitanaatti (LTO)	34
2.1.8 Anodimateriaalit	36
2.1.9 Elektrolyytti	36
2.1.10 Separaattori	38
2.2 Kennojen heikkeneminen ja elinkaari	39
2.2.1 Mitä litiumioniakkujen heikkenemisestä tiedetään?	50
2.2.2 Kennojen heikkenemismekanismit	55
3 Akut ja niiden sovellukset	59
3.1 Litiumioniakkujärjestelmät	59
3.2 Kennojen järjestäminen akuksi	60
3.3 Akunhallintajärjestelmä	62
3.3.1 Kennojen tasapainottaminen	63
3.4 Pienielektroniikka	65
3.5 Käsityökalut	66
3.6 Kevyet sähköajoneuvot	68
3.7 Ajoneuvoakut	68
3.8 Akkuenergiavarastot	69
3.9 Akkujen uudelleenkennotaminen ja korjaaminen	71
4 Turvallisuus	73
4.1 Lämpöryntäys	76
4.2 Paloriskin hallinta	77
4.3 Palojen yleisyys	81
4.3.1 Kuluttajaelektroniikan akkupalot Suo- messa	81
4.3.2 Sähköautopalot Suomessa	85
4.4 Litiumioniakkupalon sammuttaminen	88
4.4.1 Kannettava pienielektroniikka	89
4.4.2 Kevyet sähköiset liikkumisvälineet ja vastaavat	90
4.4.3 Sähköautot	92

4.4.4	Energiavarastot ja vastaavat suurakustot	93
4.4.5	Mikä on paras ja oikea tapa sammuttaa?	96
4.4.6	Sammutusjätevesien käsittely	100
4.5	Palokaasujen myrkyllisyys	102
4.6	Sähköturvallisuus	106
4.6.1	Sähköiskuvaara	107
4.6.2	Valokaarivaara	111
4.6.3	Vaarojen vertailua	113
4.7	Litiumioniakkujen kuljettaminen	114
4.7.1	Litiumioniakkujen turvallinen käyttöko- tona	116
4.8	Määräykset ja standardit	120
4.8.1	Sähköauton akun tyyppihyväksyntäva- atimukset (UNECE 100)	122
4.9	Työturvallisuusmääräykset	124
4.9.1	Työturvallisuusmääräykset laitevalmis- tuksessa	125
4.9.2	Työturvallisuusmääräykset tieliikenne- käyttöön soveltuvien sähköajoneuvojen korjaamisessa	126
4.9.3	Työturvallisuusmääräykset muissa ak- kutöissä	127
5	Ympäristö ja tulevaisuus	129
5.1	Litiumioniakut ja ympäristö	129
5.2	Tulevaisuus	133
	Loppusanat	137
	Kirjallisuus	159
A	Suosittelavaa luettavaa	160
B	Akkusanastoa	163
	Hakemisto	168