

Teollisuuden Litium-ioniakut ja turvallisuus

Opas

18.6.2019 (päivitetty elokuu 2019)

Gaia Consulting Oy

1. Johdanto

2. Litium-ioniakut ja turvallisuus

- a) Litium-ioniakut
- b) Keskeiset vaaramekanismit
- c) Vaaraan vaikuttavia tekijöitä
 - i. Käyttöolosuhteet
 - ii. Valittu akkukemia

3. Kennojen ja akkujen turvallisuuden sääntely ja kuljetusmääräykset

- a) Johdanto
- b) Turvallisuuden ohjaaminen kokonaisuutena
- c) Lainsäädäntö
- d) Yleiskatsaus standardisointiin
- e) Akkutarvallisuuden jaottelu
- f) Vakuutusyhtiöiden näkökulmia
- g) Kennojen ja akkujen valmistus
- h) Kuljetusmääräykset maa-, meri- ja ilmaliikenteessä

4. Litium-ioniakkujen vaarat ja vaaroilta suojautuminen teollisessa valmistuksessa

- a) Yleistä varautumisesta
- b) Akkujen kokoaminen
- c) Uusien akkujen varastointi
- d) Tuotekehitystoiminta (sis. testaus)
- e) Kokoonpano
- f) Huoltotoiminta
- g) Käytettyjen akkujen käsittely ja varastointi
- h) Hyviä käytäntöjä
- i) Yhteenveto

5. Akkujen vaarat ja vaaroilta suojautuminen lopputuotteissa – sääntely ja hyviä käytäntöjä

- a) Sähkönvarastointi
- b) Ajoneuvot
- c) Liikkuvat koneet ja laitteet

6. Yhteenveto

1. Johdanto

Taustaa

- Gaia laati 2018 Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukesin sekä Sähköturvallisuuden edistämiskeskus STEK:n toimeksiannosta selvityksen litium-ioniakkujen vaaroista sekä oppaan kotitalous- ja teollisuuskäyttöön.
- Laadintaprosessin aikana kävi ilmi, että teollisuuden tarve akkutiedolle on hyvin laaja.
- Laadittu opas oli luonteeltaan yleinen, mutta tarve kentällä on syvempi; akkujen vaaroja ei ymmärretä eikä niitä vastaan osata varautua, kun samalla akkujen määrät lisääntyvät valmistuksessa nopeasti.
- Sähkökemiallinen turvallisuus tuo tehtaisiin prosessiturvallisuusnäkökulman, kun aiemmin on keskitytty lähinnä työturvallisuuteen ja turvalliseen työn tekemiseen.
- Tämän oppaan tavoitteena on tuoda esiin li*-akkujen turvallisuuteen vaikuttavia tekijöitä edellisiä oppaita syvällisemmin. Lisäksi tavoitteena on antaa yrityksille käytännönläheinen yleiskäsitys teollisuuden li-akkujen turvallisuusnäkökohdista ja turvallisuuteen vaikuttavista hyvistä käytännöistä.
- Näitä ovat mm. li-akkuja sisältävien työtilojen turvallisuuskysymykset ja akkujen varastointi sekä testaaminen. Lisäksi kuvataan akkukemioiden turvallisuusnäkökohtia.
- Opas keskittyy sähköajoneuvoihin, liikkuviin koneisiin ja laitteisiin sekä sähkövarastoihin.

1. Johdanto

Litiumioni-akku

- **Li-ion -akku** on ladattava sähkövarasto, jonka toiminta perustuu litium-ionien liikkeeseen negatiivisen ja positiivisen kohtion välillä.
 - Li-ion akuissa ei ole normaalisti metallista litiumia
- **Akku** koostuu yleensä useista **kennoista**, elektronisesta **akunhallintajärjestelmästä** (BMS, Battery Management System) sekä suojakuoresta ja liittimistä.
 - Kennot voivat olla sylinterimäisiä tai prismaattisia sekä teräs- tai muovikuorisia
- Li-ion -akuilla on suuri energiatiheys, ei muistiefektejä ja matala itsepurkautumisnopeus.
- Li-ion -akut ja kennot voivat kuitenkin olla vaarallisia koska niiden elektrolyytti on palavaa ja koska akut voivat joissain tilanteissa sytyttää itsensä.
- Akunhallintajärjestelmän tärkeä tehtävä on huolehtia akun turvallisuudesta. Se seuraa kennojen virtoja, jännitteitä ja lämpötiloja ja myös usein keskustelee esim. akkulaturin kanssa.
 - Jos kennojen turvallinen käyttöalue on ylittymässä, BMS katkaisee virran kennoihin/kennoista ja hälyttää. BMS:llä voi akkukohtaisesti myös olla muita lisätoimintoja.



Kuva: <http://www.gsyuasa-lp.com>

gaia



2. Litium-ioniakut ja turvallisuus

2. Litium-ioniakut ja turvallisuus

Litium-ioniakut

- Litium-ioniakut ovat nopeasti yleistymässä. Akkujen käyttökohteita ovat mm. ajoneuvot ja erilaiset liikkuvat työkoneet sekä sähkövarastot erilaisissa kohteissa. Sähkövarastoja on laivoissa, kauppakeskuksissa, toimitiloissa ja voidaan ennakoida että niitä tulee myös asuinkiinteistöjen yhteyteen esimerkiksi aurinkosähköjärjestelmien osana.
- Akkujen lukumäärän lisäksi niiden koot ja sisältämät energiamäärät ovat kasvussa. Siksi akkuihin liittyvien riskien tunnistaminen, vaaratilanteiden ennaltaehkäisy sekä oikeiden toimintatapojen noudattaminen akkuvahinkojen ja vaaratilanteiden sattuesssa on entistä tärkeämpää yhä laajemmalle kohderyhmälle.
- Akkuja ostavat tai käyttävät tahot useimmiten luottavat siihen että akkujen toimittaja lähtökohtaisesti huolehtii siitä että akku on turvallinen rakenteeltaan, siinä on riittävät turvajärjestelmät sekä että riittävä opastus akun käyttöön on saatavilla. Siitä huolimatta käyttäjillä tulisi olla riittävä tieto siitä mitä vaaroja akkuihin saattaa liittyä, millaisia vaaramekanismit ovat, missä olosuhteissa ja miten niitä on turvallista käyttää, huoltaa ja kuljettaa, sekä miten tulisi toimia vaaratilanteen syntyessä.
- Litium-ioniakkujen osalta on erityisen tärkeää huolehtia siitä että käytössä noudatetaan annettuja ohjeita – ohjeita noudattamalla litium-ioniakkujen käyttö on hyvin harvoja poikkeuksia lukuun ottamatta turvallista.
- Turvallisuusjohtamisen näkökulmasta litium-ioniakkujen määrän kasvulla on vaikutusta ainakin työturvallisuuteen, rakennus- ja kiinteistöturvallisuuteen sekä prosessiturvallisuuteen.

2. Litium-ioniakut ja turvallisuus

Keskeiset vaaramekanismit - Yleistä

- Litium-ioniakkuihin liittyviä vaaroja ovat **tulipalovaarat, kemialliset vaarat, räjähdykset** ja **sähköiskuvaarat**
- Yleisesti ottaen litium-ioniakut ovat varsin turvallisia ja niihin liittyvistä vaaratilanteista raportoidaan käyttömääriin nähden vain harvoin, vaikka akut ovat hyvin yleisiä kannettavissa laitteissa.
- Markkinoille on viime aikoina tullut yhä enemmän teollisuusakuiksi luokiteltavia litium-ioniakkuja, jotka ovat yleensä huomattavasti kannettavien laitteiden akkuja isompia ja sisältävät näin ollen huomattavasti enemmän elektrolyyttinestettä ja energiaa, mikä lisää niihin liittyviä riskejä. Suuremmista energiamääristään huolimatta myös isot teollisuusakuiksi luokiteltavat Li-akut ovat riskeiltään varsin pieniä, jos niihin liittyvät turvallisuustekijät on asianmukaisesti huomioitu.
- Teollisuudessa vaaroille altistavat akkujen suuri määrä, niiden suuri koko (ja kapasiteetti) sekä niiden teollinen käsittely. Toisaalta teollisuudessa riskitietoisuus on lähtökohtaisesti paremmalla tasolla ja riskienhallintakeinot ammattimaisempia kuin muussa akkujen käytössä.
- **Tulipalovaara on litium-ioniakkujen merkittävin vaara.** Vaara perustuu siihen, että pakattaessa paljon energiaa pieneen tilaan ei voida välttyä siltä riskiltä, että energia pääsee vapautumaan hallitsemattomasti. Litium-ioniakkujen tulipalovaaraan liittyy suhteellisen suuren energiatiheuden lisäksi se, että niissä käytetty elektrolyytti ("akkuneste") on herkästi syttyvää palavaa nestettä. Litium-ioniakun aiheuttama kiivas palo tekee akusta merkittävän muun palokuorman syttymälähteen, vaikka akun itsensä palokuorma ei olisikaan suuri.
- Muut vaaramekanismit voidaan jaotella seuraaviin:
 - i. Akuista lämpökarkaamisessa purkautuvat nesteet ja kaasut ovat myrkyllisiä
 - ii. Räjähdykset ja heitteet aiheutuvat lähinnä tulipaloista, mutta akut voivat paineistua myös ilman paloa
 - iii. Sähköisku voi seurata vaurioituneen akun käsittelystä, akkujen väärinkäytöstä tai jos akuista puuttuvat sähköiset turvajärjestelmät (olennaista > 70 V jännitteillä)

2. Litium-ioniakut ja turvallisuus

Keskeiset vaaramekanismit - Lämpökarkaaminen 1/2

Li-akkujen tulipalovaara perustuu ”thermal runaway”-ilmiöön eli lämpökarkaamiseen

- Lämpökarkaamisessa akku on tilassa, jossa siinä tapahtuvat reaktiot kehittävät enemmän lämpöä kuin mitä akku pystyy siirtämään ulos. Akun lämpötilan nouseminen kiihdyttää reaktiota entisestään ja lämmöntuotanto kasvaa.
- Myös lämmön aiheuttamat muutokset akun rakenteessa (esim. separaattorin sulaminen/palaminen) kiihdyttävät reaktiota.
- Li-akuissa lämpökarkaamisen tekevät vaaralliseksi suuri energiamäärä, suuri tehotiheys (pieni massa ja lämpökapasiteetti so. nopea lämpötilan nousu) sekä elektrolyytin tulenarkuus: lopulta akusta vapautuu herkästi syttyviä kaasuja ja/tai akku syttyy palamaan.

Lämpökarkaamistilanteen synty

- Akkukemialliset reaktiot ovat eksotermisiä, eli akku lämpenee sekä ladattaessa että purkautuessaan.
- Lämpökarkaaminen syntyy käytännössä joko akun nopeasta purkautumisesta (sisäinen tai ulkoinen oikosulku), siitä ettei akkuun varastoitunut lämpö pääse siirtymään muualle, tai ulkoisesta tekijästä joka kuumentaa akkua.
- Kriittinen lämpötila lämpökarkaamisen alkamiselle on lämpötila, jossa akun lämpötilan nousu jatkuu itsestään ketjureaktiona. Tähän lämpötilaan vaikuttavat erityisesti: i) akun rakenne, ii) akkukemia, iii) akun varausaste, iv) akun mahdollisuudet siirtää lämpöä ulos tai käytössä olevat akun sisäiset jäähdytysratkaisut, v) tilassa oleva ilmasto jolla huolehditaan lämmön pois siirtyminen akusta sekä vi) akun sijainti lähellä ulkoisia lämmönlähteitä jotka voivat kuumentaa akkua

2. Litium-ioniakut ja turvallisuus

Keskeiset vaaramekanismit - Lämpökarkaaminen 2/2

Lämpökarkaamistilanteen eteneminen

- Kriittisen lämpötilan yläpuolella akku tuottaa enemmän lämpöenergiaa kuin siitä siirtyy ulos, ja reaktio kiihtyy. Reaktion edetessä akku täyttyy siinä syntyvistä kaasuista ja akun paine nousee.
- Kaasut purkautuvat ulos akusta joko varoventtiilistä tai akun rakenteiden pettäessä, mistä voi syntyä heitteitä. Kaasut voivat syttyä joutuessaan ilman kanssa kosketuksiin, mikäli lämpötila on riittävän korkea.
- Elektrolyytineste palaa myös itsessään, jos sitä pääsee palotilanteessa hapen kanssa kosketuksiin.
- Litium-ioniakkujen separaattorit on yleensä suunniteltu siten, että oikosulkutilanteessa lämpötilan noustessa niissä olevat huokoset umpeutuvat oikosulkukohdasta, jolloin separaattori eristää oikosulkukohdan toimien eräänlaisena sulakkeena.
- Mikäli lämpötila nousee riittävän korkeaksi, kuten voi tapahtua esim. lämpökarkaamisessa tai tulipalossa, separaattori voi sulaa kokonaan, jolloin akun anodi ja katodi pääsevät suoraan kosketuksiin vapauttaen akun sähköenergian hallitsemattomasti, mikä lisää lämpökarkaamisen lämpöenergiaa entisestään.
- Li-akkujen lämpökarkaamistilanteessa yhdessä akun kennossa tapahtuvaa lämpökarkaaminen ja palo voivat levitä seuraavaan kennoon aiheuttaen ketjureaktion, jossa kennot syttyvät yksi kerrallaan.
- **Liekit, suihkupalot, kipinät ja heitteet voivat sytyttää lähistön palavia materiaaleja, mukaan lukien laitteet joihin akut on kiinnitetty**



2. Litium-ioniakut ja turvallisuus



Keskeiset vaaramekanismit - Syitä lämpökarkaamiselle ja katsaus akkujen vauriomekanismeihin

- Fyysiset vauriot, kuten kolhiminen, läpäisy vieraalla esineellä, värinä ja painevaihtelut
- Tulipalo tai muu väliaikainen korkea lämpötila
- Altistuminen korkealle jännitteelle ja/tai sähkövirralle
- Mikä tahansa sisäinen tai ulkoinen oikosulku
- Akun lataaminen liian suureen jännitteeseen, mikä aiheuttaa litiumin saostumista Li-metalliksi ja lisää sisäisen oikosulun mahdollisuutta lämpötilan noustessa
 - Riski on vastaava, jos akkua ladataan pakkasella
- Valmistusvirheet / huono laatu, esim. akun elektrodien epäpuhtaudet tai niiden välisessä separaattorissa olevat reiät
- Epävakaat akkukemiat (tietyillä kemioilla kennon fyysinen hajoaminen johtaa metallisesti käyttäytyvän litiumin ja ilmankosteuden kohtaamiseen, minkä seurauksena litium syttyy ja sytyttää elektrolyytin)
- Akkujen vanheneminen – ajan myötä tapahtuvat kemialliset reaktiot vaikuttavat haitallisesti sekä akkujen kapasiteettiin että niiden turvallisuuteen
- Väärä säilytyslämpötila (erityisesti liian korkea lämpötila) kiihdyttää akun vanhenemista
- Akun varauksen purkaminen kokonaan (esim. pitkä säilytys ilman ajoittaista akun lataamista)

2. Litium-ioniakut ja turvallisuus

Keskeiset vaaramekanismit - Litium-ioniakkujen myrkyllisyys ja kaasujen leviäminen

- Lämpökarkaamisesta aiheutuvan palovaaran **lisäksi keskeinen vaaratekijä ovat akkujen sisältämät myrkylliset aineet**, joista palotilanteessa voi muodostua laajalle leviäviä palokaasuja.
- Myrkyllisiä aineita ja yhdisteitä voivat akkukemiasta riippuen olla esimerkiksi
 - litiumkobaltiitti, litiumheksafluorofosfaatti, dietyylikarbonaatti, etyleenikarbonaatti, propyleenikarbonaatti, alumiini, kupari, polyvinyylideenifluoridi ja bifenyylit
 - CO, CO₂, karbonaatit, bentseeni, tolueeni, styreeni, bifenyylit, akroleiini
 - Fluorideista vetyfluoridi (HF), fosforyylifluoridi ja fosforipentafluoridi
 - Vetykloridi HCl
 - **Erityisesti vetyfluoridi on potentiaalisesti hengenvaarallinen** (palossa vapautuu 20-200 mg/Wh; IDLH = 24 mg/m³ HTP 15 min = 2,4 mg/m³, AEGL-3 (30 min) = 51 mg/m³)
- Mahdollisuus vetyfluoridin leviämiselle aiheuttaa tarpeen suojata hengitystiet akkuonnettomuuden tapauksessa:
 - Yli 5 ppm:n (4 mg/m³) fluorivedyn pitoisuudet ilmassa aiheuttavat silmien ja hengitysteiden ärsytystä. Vaikutukset voivat viivästyä. Suuret pitoisuudet aiheuttavat vaikeita, tuskallisia vammoja iholla, silmissä ja limakalvoilla. Kasvoilla ilmenee herkästi ärsytystä ja punoitusta. Höyryt voivat aiheuttaa hengitysteiden syöpymiä ja keuhkopöhön. Lisäksi usein esiintyy sydämen rytmihäiriöitä. Lyhyt altistuminen 50 - 250 ppm:n (42 - 210 mg/m³) pitoisuuksille on vaarallista.
 - Fluorivetyhappo (veteen liuennut fluorivety, esim. keuhkojen limakalvoilla) syövyttää kudosta. Aine sitoo kalsiumia, mikä alentaa seerumin kalsiumpitoisuutta ja voi aiheuttaa sydämen rytmihäiriöitä.



2. Litium-ioniakut ja turvallisuus

Keskeiset vaaramekanismit - Akkujen toiminnan häiriöt lopputuotteissa

- Akkuja käyttävien lopputuotteiden näkökulmasta on ilmeistä, että akun toimimattomuus johtaa siitä käyttövoimansa saavan tuotteen toiminnan keskeytymiseen. Lisäksi akkupalo saattaa sytyttää myös tuotteen tai sen käyttöympäristön palokuorman.
- Eri käyttötapauksissa akkujen toimimattomuus voi johtaa seuraaviin tilanteisiin:

Ajoneuvojen tapauksessa akun toimimattomuus pysäyttää ajoneuvon.

- Käyttövoiman menettäminen saattaa lisäksi johtaa ajoneuvon järjestelmien toimimattomuuteen, mikä voi hankaloittaa pysähtymistä
- Akkupalo sytyttää ajoneuvon lähes varmasti.

Koneiden ja laitteiden osalta akun toimimattomuus voi estää laitteen käytön

- Mikäli akkua käytetään turvallisuuskriittisissä koneen tai laitteen osissa, on akun toimimattomuus syytä pystyä ilmaisemaan siihen on syytä varautua riittävästi (esim. nostolaitteet, turvajärjestelmät)
- Katkolla voi olla laajempia systeemisiä vaikutuksia, esim. automaattitrukin toiminnan lakkaaminen keskellä prosessia saattaa aiheuttaa tuotantokatkon
- Akkupalo sytyttää koneen tai laitteen lähes varmasti

Energiavarastoinnissa voi syntyä taloudellisia tappioita, jos akun toimimattomuuden takia ei päästä toteuttamaan kysynnän joustoja tai varastoimaan edullista energiaa myöhempää käyttöä varten tai akuista riippuvaiset laitteet ja prosessit pysähtyvät.

- Myrkylliset savukaasut voivat suuresta akkupalosta levitä kymmenien-satojen metrien etäisyydelle tuulen alapuolella
- Akun palo voi aiheuttaa rakennuspalon, jos akkua ei ole asennettu osastoituun tilaan
- Johtuen akkujen toiminnan häiriöihin liittyvistä potentiaalisesta merkittävistä riskeistä, **akkuturvallisuus on otettava huomioon yhtenä keskeisenä tekijänä lopputuotteen turvallisuudessa.**

2. Litium-ioniakut ja turvallisuus

Vaaraan vaikuttavia tekijöitä - Käyttöolosuhteet

Ulkoiset tekijät

- Akkutilan ilmastoinnin tai jäähdytyksen puutteet voivat aiheuttaa tilanteen, jossa akun tuottama lämpö ei pääse poistumaan tilasta
- Akun sijainti auringonpaisteessa saattaa aiheuttaa akun lämpötilan nousemisen liian korkeaksi
- Akun likaantuminen – esimerkiksi pölyä ei saisi kertyä akun päälle – voi koskea esimerkiksi autotalleihin sijoitettuja akkuvarastoja
- Kuumuuden lähteen sijaitseminen lähellä akkua – esimerkiksi pannuhuoneessa mikäli sähkövarastoja sijoitetaan tekniseen tilaan

Akun käyttö

- Akun lataaminen pakkasella – esimerkiksi trukkien lataaminen kylmässä varastotilassa silloin kun niitä ei ole tarkoitettu kylmiin olosuhteisiin
- Akun altistuminen kolhiintumiselle tai tärinälle – esimerkiksi ajoneuvoissa (trukin ajaminen yli kynnyksien tms.)

Akun tekniset ominaisuudet

- Akkukemia – erilaisilla akkukemioilla erilaisia ominaisuuksia sekä syttymislämpötiloja
- Akkukennostojen rakenne
- Akkujen laatu sekä niiden sisältämä akunhallintajärjestelmä sekä turvajärjestelmät

Akun asentaminen

- Akun ohjeiden vastainen asentaminen tai väärän akun asentaminen laitteeseen. Joissakin sovelluksissa asiakas voi itse asentaa akun laitteeseen. Mikäli asiakas valitsee vääräntyyppisen akun tai asentaa sen väärin voi syntyä vakavia vaaratilanteita.

2. Litium-ioniakut ja turvallisuus

Vaaraan vaikuttavia tekijöitä - Sisäinen turvallisuus ja akkukemia (1/2)

Litium-ioniakkujen sisäisen turvallisuuden voidaan nähdä perustuvan kolmeen tekijään:

- **Turvallisuustekijä 1: Estetään lämpökarkaamisen alkaminen**
 - Lähtökohtana on, että **akun sisäisiä oikosulkuja estetään erilaisin teknisin ratkaisuin** (jatkuvan kehittämisen kohde).
- **Turvallisuustekijä 2: Vähennetään lämmön- ja kaasuntuotantoa tilanteessa, jossa akun lämpötila nousee**
 - Lämmitessään akku alkaa hajota sisäisesti ja hajoamisreaktio tuottaa lisää lämpöä ja palavia kaasuja sekä happea. Reaktion edetessä muoviset erottimet alkavat sulaa, jolloin oikosulkuja syntyy lisää ja reaktio nopeutuu. Lopulta katodimateriaali hajoaa ja tuottaa mm. happea.
 - Turvallisuuden lisääminen perustuu siihen, että **valitaan akkukemia (so. katodimateriaali)** joka kestää korkeita lämpötiloja hajoamatta (*ks. seuraava kalvo*).
 - Myös vesikiertoinen jäähdytysjärjestelmä akun sisällä lisää akun turvallisuutta
- **Turvallisuustekijä 3: Jos lämpöä ja palavia kaasuja syntyy, syntyvää määrää vähennetään ja syttymistä estetään**
 - Esimerkiksi tyypillisen karbonaattielektrolyytin leimahduspiste on 25 °C, joten akku syttyy lähes varmasti lämpökarkaamistilanteessa. Palon lämpö kiihdyttää edelleen akun sisäistä hajoamisreaktiota.
 - Pääsääntöisesti ratkaisuna on **lisätä akkuun palonestoaineita tai vähentää elektrolyytin syttyvyyttä**

2. Litium-ioniakut ja turvallisuus

Vaaraan vaikuttavia tekijöitä - Sisäinen turvallisuus ja akkukemia (2/2)

- Akkukemia viittaa käytännössä katodimateriaaliin; anodimateriaali on aina hiiltä ja elektrolyytti käytännössä karbonaattiseos, jossa on jotain litiumsuolaa, yleensä litiumheksafluorofosfaattia
- Li-akkujen perusvaihtoehdot ovat **koboltti- ja magnesiumpohjaiset kemiat**
 - Kobolttipohjaiset akut tarjoavat suuremman kapasiteetin mutta ne sietävät pienemmän lämpötilan kuin magnesiumpohjaiset akut
 - Lisäksi magnesiumakkujen sisäinen resistanssi on pieni ja niistä saadaan suuria virtoja
- Käytännössä metalleja sekoitetaan
 - Tyypillisiä sekoitusmetalleja ja suoloja ovat **nikkeli, mangaani, alumiini ja rautafosfaatti**
- Kemian turvallisuus syntyy pääasiassa siitä, **miten korkean lämpötilan tietty akkukemia sietää ennen lämpökarkaamisen alkamista**
 - Korkea lämpötila tarkoittaa, että esim. pienet sisäiset oikosulut leviävät lämpökarkaamiseksi pienemmällä todennäköisyydellä
- Alhaisen rajalämpötilan omaavia, vaarallisena pidettyjä kemioita ovat mm. **nikkelikobolttialumiini, litiumkobolttioksidi, litiumnikkelikobolttialumiinioksidi**
- Turvallisena pidettyjä kemioita ovat mm. **litiumtitanaatti, litium-rautafosfaatti, litiummangaanioksidi sekä litiumnikkelimangaanikoboltti**

2. Litium-ioniakut ja turvallisuus

Vaaraan vaikuttavia tekijöitä - Akkukemian vaikutus lämpökarkaamisen alkamiseen

- Yleensä lämpökarkaaminen etenee seuraavasti:
 1. Katodin passivaatiokerros (SEI) hajoaa
 2. Katodi pääsee reagoimaan suoraan elektrolyytin kanssa
 3. Anodin aktiiviset materiaalit reagoivat elektrolyytin kanssa
 4. Separattori sulaa, nopea lämpökarkaaminen alkaa
 5. Suuri sisäinen oikosulku
 6. Katodi hajoaa
 7. Elektrolyytti hajoaa
 8. Elektrodien sidosaine hajoaa
- Lämpötila jossa lämpökarkaaminen alkaa, vaihtelee kemioittain; alla muutamia esimerkkejä:
 - Litium-kobolttioksidi: alkamislämpötila on 150 °C, nopea lämpökarkaaminen 210 °C, maksimilämpötila (18650-kennolla) 850 °C
 - Nikkeli-mangaani-kobolttioksidi: 180 °C, 220 °C, 680 °C
 - Litiumrautafosfaatti: 200 °C, NA, 400 °C

3. Kennojen ja akkujen turvallisuuden sääntely ja kuljetusmääräykset

3. Litium-ioniakkujen turvallisuuden sääntely

Johdanto

- Seuraavassa kuvataan ensin turvallisuuden sääntelyä yleisesti
- Tämän jälkeen käydään läpi keskeisiä kennojen ja akkujen valmistusta ja kuljetusta ohjaavia turvallisuusvaatimuksia
- Myöhemmin raportissa käydään läpi sovellusalueiden vaatimuksia
 - Erityisesti tarkastellaan sähköajoneuvoja ja konedirektiivin alaisia koneita ja laitteita sekä sähkövarastoja
 - Kustakin alueesta pyritään käymään läpi vaatimuksia joita turvallisuudelle asetetaan, sekä olemassa olevia standardeja jotka vastaavat vaatimukseen tai määrittelevät testimenetelmiä
- Selvityksen pääpaino on Suomi- ja EU-tasoilla, muita maantieteellisiä alueita sivutaan
- Turvallisuuden ohjaaminen on varsin monimutkainen kokonaisuus; tässä yhteydessä on mahdollista antaa yleiskatsaus alueeseen

3. Litium-ioniakkujen turvallisuuden sääntely

Turvallisuuden ohjaaminen kokonaisuutena



Lainsäädäntö

3. Litium-ioniakkujen turvallisuuden sääntely

Johdanto lainsäädäntöön

- Suomessa keskeisin litiumioniakkuja koskeva lainsäädäntö on Euroopan komission paristo- ja akkudirektiivi¹, komission asetukset² sekä kyseisen lainsäädännön kansallinen implementointi³. Kemikaaliturvallisuuden osalta EU:n REACH- asetusta sovelletaan aineiden valmistukseen, markkinoille saattamiseen ja käyttöön. Asetuksen velvoitteet koskevat mm. aineita seoksina esineissä, kuten akku.
- Akkuja ja paristoja koskevien direktiivien ja asetusten tavoitteena on yhdenmukaistaa kansalliset toimenpiteet, estää vaarallisten aineiden käyttöä paristoissa ja akuissa sekä edistää käytettyjen paristojen ja akkujen kierrätystä.
- Akku- ja paristodirektiivin mukaisesti paristot ja akut jaetaan seuraaviin luokkiin:
 - **Kannettavat paristot ja akut;** suljettua akku, paristo tai paristoakku jota voidaan kantaa käsin ja joka ei ole teollisuus- tai ajoneuvoakku/-paristo.
 - **Teollisuusparistot ja akut;** kaikki paristot ja akut, jotka ovat yksinomaan suunniteltu teollisuus- tai ammattikäyttöön sekä sähköajoneuvoissa virtalähteenä käytettävät paristot ja akut. Teollisuusakuiksi luetaan esimerkiksi pyörätuolien, sähköpyörien sekä aurinkopaneelien yhteydessä käytettävät akut, vaikka nämä olisivatkin kuluttajakäytössä.
 - **Ajoneuvojen akut ja paristot;** paristot ja akut, joita käytetään ajoneuvojen käynnistyksessä, valaistuksessa tai sytytyksessä.
- Akku- ja paristodirektiivin lisäksi akkujen kuljetukseen, käyttöön ja merkintöihin liittyy myös olennaisesti muuta lainsäädäntöä. Tässä katsauksessa lainsäädäntöä ja sen asettamia määräyksiä on käsitelty akkujen elinkaaren eri vaiheissa Suomessa.

¹ Paristo- ja akkudirektiivi (2006/ 66/EY) sekä Paristo- ja akkudirektiivin muutos (2013/56/EU)

² Komission asetukset paristoista ja akuista (EU) N:o 1103/ 2010 ja N:o 493/ 2012.

³ Valtioneuvoston asetus paristoista ja akuista 520/ 2014

3. Litium-ioniakkujen turvallisuuden sääntely

Akkujen kuljetusta ja kuljetuksen aikaista varastointia koskeva lainsäädäntö (1/2)

- Litiumioniakkujen kuljetus on VAK (vaarallisten aineiden kuljetus) -direktiivin¹ alaista. VAK-direktiivi on kansallisesti pantu käytäntöön VAK-lainsäädännössä sekä siihen liittyvissä Liikenteen turvallisuusvirasto TRAFI:n määräyksissä.² VAK- lainsäädännössä sekä TRAFIN viranomaismääräyksissä asetetaan tiettyjä ehtoja ja vaatimuksia siitä, kuinka litiumioniakkuja tulee kuljettaa ja varastoida kuljetustapahtuman aikana.
- Jokaisen kennon tai akun tyyppi on osoitettava täyttävän käsikirjan "Manual of Tests and Criteria"³ (Kokeet ja kriteerit) osan III, kohdan 38.3 kaikki koevaatimukset, jotta litiumioniakut voidaan hyväksyä kuljetettavaksi niille osoitettujen tuotenimikkeiden alla (UN UN3480 = litiumioniakut ja UN 3481 = litiumioniakut, jotka sisältyvät laitteeseen tai ovat pakattu laitteen kanssa). Näiden vaatimusten mukaisesti akuissa ja/ tai kennoissa tulee olla mm.
 - ylipainetta säätelevä laite (tai niiden tulee olla suunniteltu siten, että ne eivät repeä tavanomaisen kuljetustapahtuman aikana)
 - niiden tulee olla varustettu ulkoisten oikosulkujen estämiseksi
 - niiden tulee olla tehokkaasti varustettuja vaarallisen takavirran estämiseksi
 - lisäksi kennojen ja akkujen valmistuksessa on noudatettava laatujärjestelmää.
- Litiumioniakuille, jotka ovat vahingoittuneita tai puutteellisia ja jotka eivät vastaa käsikirjan "Manual of Tests and Criteria" tyyppitestausvaatimuksia on asetettu VAK-lainsäädännössä erillisiä kuljetusvaatimuksia mm. pakkaamisen suhteen.

1 Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2008/ 68/ EY vaarallisten aineiden sisämaakuljetuksista

2 Laki vaarallisten aineiden kuljetuksesta (719/ 1994), Valtioneuvoston asetus vaarallisten aineiden kuljetuksesta (194/2002) sekä Liikenteen turvallisuusviraston (TRAFI) määräykset (https://www.trafi.fi/liikennejarjestelma/vaaralliset_aineet/vak_saadokset_ja_maaraykset)

3 (<http://www.unece.org/transport/areas-of-work/dangerous-goods/legal-instruments-and-recommendations/un-manual-of-tests-and-criteria.html>)

3. Litium-ioniakkujen turvallisuuden sääntely

Akkujen kuljetusta ja kuljetuksen aikaista varastointia koskeva lainsäädäntö (2/2)

- Litiumioniakkujen varastoinnille ei ole annettu varsinaisia laissa esitettyjä erityisvaatimuksia mm. tehdas- ja varastoalueella silloin kun niiden varastointi, käsittely tai siirto ei liity kiinteästi kuljetustapahtumaan.^{1,2}
- VAK-lakia¹ kuitenkin sovelletaan vaarallisten aineiden kuljetukseen myös satama-alueella, lentopaikalla ja muissa terminaaleissa, jolloin VAK-lakia sovelletaan myös vaarallisten aineiden tilapäiseen säilytykseen.
- Toiminnanharjoittajan suuntaan selkeää yhtä valvontaviranomaista tilapäiselle säilytykselle ei ole, vaan lain mukaisesti valvontaa tekevät Trafi, Tulli, poliisi, rajavartiolaitos, Tukes, STUK, työsuojeluviranomaiset sekä AVI kukin toimialallaan.
- Vaarallisten aineiden tilapäistä säilytystä harjoittavat maantieliikenneterminaalit eivät kuulu turvallisuusviranomaisten valvontaan, ellei tiloissa tai alueella myös varastoida vaarallisia aineita. Tällöin terminaali on joko pelastuslaitoksen (vähäiset määrät) tai Tukesin valvonnan (laajamittainen varastointi) alaisuudessa.
- Sen sijaan satamilla ja ratapihoilla, joiden kautta kuljetetaan vaarallisia aineita tulee olla valvovan viranomaisen hyväksymä turvallisuusselvitys.

1 Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2008/ 68/ EY vaarallisten aineiden sisämaakuljetuksista

2 Laki vaarallisten aineiden kuljetuksesta (719/ 1994), Valtioneuvoston asetus vaarallisten aineiden kuljetuksesta (194/2002) sekä Liikenteen turvallisuusviraston (TRAFI) määräykset (https://www.trafi.fi/liikennejarjestelma/vaaralliset_aineet/vak_saadokset_ja_maaraykset)

3. Litium-ioniakkujen turvallisuuden sääntely

Akkujen varastointia ja käyttöä koskeva lainsäädäntö

- Varastointi myymälöissä ja liikehuoneistoissa:
 - Akkujen tai akkuja sisältävien laitteiden varastointiin esimerkiksi myymälöissä ei ole olemassa varsinaista lainsäädäntöä.
 - Kuitenkin liikehuoneistoissa tai myymälöissä säilytettävien palavien nesteiden määrää on rajattu lainsäädännössä ja varastoinnista tulee myös tehdä ilmoitus pelastusviranomaisille. Lisäksi myymälähuoneistossa varastoitaville syttyville nesteille on asetettu tiettyjä erityisvaatimuksia mm. sammutuskaluston suhteen¹. Sen sijaan litiumioniakuille tai litiumioniakkuja sisältäville laitteille ei ole olemassa vastaavaa lainsäädäntöä.
- Teoriassa hyvin suuri määrä varastoituja Li-akkuja voisi saattaa ko. kohteen kemikaaliluvan piiriin niiden sisältämien vaarallisten aineiden määrän perusteella³, mutta tästä ei ole käytäntöä.
- Tuoteturvallisuus:
 - Kuluttajaturvallisuuslain mukaisesti toiminnanharjoittajan on varmistauduttava siitä, että kulutustavarasta tai kuluttajapalvelusta ei aiheudu vaaraa kenenkään terveydelle tai omaisuudelle.
 - Sähköturvallisuuslain² mukaisesti myös sähkölaitteen markkinoille saattajan on osoitettava, että sähkölaitteista ei aiheudu vaaraa kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle. Kuluttajille suunnattuja tuotteita tai niiden turvallisuutta ei kuitenkaan testata ennakoon viranomaisen puolesta. Valmistajan velvollisuuteen kuuluu mm. huolehtia siitä, että tuote täyttää kaikki sitä koskevat direktiivin vaatimukset sekä laadittava tuotetta koskevat tekniset asiakirjat sekä EU:n vaatimustenmukaisuusvakuutus. Maahantuojan velvollisuutena sen sijaan on varmistaa, että tuotteeseen liitetään käyttöohjeet ja turvallisuustiedot.
 - Eri teollisuudenalojen sovelluksissa on omia erityismääräyksiä koskien mm. tuoteturvallisuutta. Esimerkiksi terveydenhuollon laitteisiin liittyy lainsäädäntöä, joka asettaa hyvin tarkat määräykset laitteiden tuoteturvallisuudelle. Myös laivaliikenteessä on hyvin tiukat määräykset ja standardit käytettävien akkujen turvallisuuskriteereistä.
 - Litiumioniakuissa on melkein aina BMS (Battery Management System) – järjestelmä, jonka tarkoituksena on mm. tasata akkujen jännitteitä. BMS- järjestelmille ei kuitenkaan ole yhtenäistä standardia tai vaatimuksia.

¹ Laki vaarallisten kemikaalien käsittelyn ja varastoinnin turvallisuudesta (390/2005)

² Sähköturvallisuuslaki (1135/2016)

³ Viranomaishaastattelu. Ks. myös tämän raportin kansainvälinen vertailu Ruotsin osalta, sivu 28

3. Litium-ioniakkujen turvallisuuden sääntely

Käytön jälkeistä kuljetusta ja varastointia koskeva lainsäädäntö (1/2)

- Litiumioniakut ja paristot ovat tuottajavastuun alaisia, eli akkujen maahantuoja tai valmistaja ovat velvollisia järjestämään markkinoille saattamiensa tuotteiden jätehuollon kustannuksellaan. Tuotteiden jakelijoille lainsäädäntö asettaa vastaanottovelvoitteen eli kannettavia paristoja ja akkuja myyvien jakelijoiden tulee ottaa vastaan käytetyt paristot ja akut käyttäjiltä maksutta. Kannettavien paristojen ja akkujen palautus liikkeeseen ei sisällä ostopakkoa uudesta tuotteesta. Tuottajavastuu perustuu jätelakiin (646/2011) ja valtioneuvoston asetukseen paristoista ja akuista (520/2014).
- Teollisuusparistojen ja akkujen tuottajien tulee itse hoitaa tuottajavastuunsa, sillä näille tuotteille ei ole olemassa omaa tuottajayhteisöä. Teollisuusparistojen- ja akkujen tuottajat ja käyttäjät voivat tehdä sopimuksia, joissa sovitaan rahoitusjärjestelmistä.¹
- Suomessa teollisuuslitiumioniakuille ei ole olemassa varsinaista kierrätysjärjestelmää, mutta esimerkiksi sähköpyörien myyjät joutuvat tuottajavastuun mukaisesti ottamaan vastaan käytettyjä akkuja, jolloin käytettyjä ja mahdollisesti vioittuneita akkuja saatetaan varastoida myymälöissä. Lainsäädäntö ei aseta velvoitteita tällaisten akkujen ja paristojen varastoinnille. Autojen litiumioniakuille on kehitetty tuottajavastuujärjestelmä ja lisäksi suurille kuluttajatuotteiden li-ion akkujen tuottajavastuujärjestelmälle on käynnissä pilotti.

¹ Paristo- ja akkudirektiivi (2006/66/EY) sekä Paristo- ja akkudirektiivin muutos (2013/56/EU)

¹Komission asetus paristoista ja akuista (EU) N:o 1103/2010 ja N:o 493/2012.

¹ Valtioneuvoston asetus paristoista ja akuista 520/2014

3. Litium-ioniakkujen turvallisuuden sääntely

Käytön jälkeistä kuljetusta ja varastointia koskeva lainsäädäntö (2/2)

- Kansainvälisiä käytöstä poistettujen akkujen siirtoja koskevat ADR-säännökset VAK-laissa määrätään erityismääräyksiä vioittuneiden tai vahingoittuneiden litiumioniakkujen kuljetuksesta. Kuitenkin, litiumionikennot ja –akut ja tai tällaisia kennoja ja akkuja sisältävät laitteet, joita kuljetetaan hävitettäviksi tai kierrätykseen pakattuina yhdessä muiden ei-litiumakkujen kanssa tai ilman niitä, saa pakata kohdan 4.1.4.1 pakkaustavan P909 mukaisesti, jossa on lievemmat vaatimukset kuin yksittäisten vahingoittuneiden akkujen kuljetusvaatimukset
- Kuljetuksen aikaiset varastointitapahtumat ovat VAK-lainsäädännön piirissä.
- Käytöstä poistetuille akuille, jotka varastoidaan esimerkiksi jätehuolto-operaattorin toimesta, ei ole varsinaista lainsäädäntöä koskien litiumioniakkujen varastointia. Käytöstä poistettujen akkujen käsittelijöillä ja/ tai varastojilla (esim. kierrätysterminaali) tulee olla ympäristölainsäädännön mukainen lupa käsitellä akkuja. Ympäristöluvassa voi olla esitetty erityismääräyksiä mm. siitä kuinka suuria määriä akkuja toiminnanharjoittaja saa kerralla varastoida ja mikä on vuotuinen suurin sallittu akkujen käsittelymäärä. Lisäksi ympäristöluvassa saattaa olla määräyksiä siitä, kuinka ja millaisissa tiloissa akkuja saa varastoida.
- Jätelainsäädännön mukaisessa jäteluokituksessa litiumioniakut kuuluvat luokkaan 160605 ”Muut paristot ja akut”. Kyseinen jäteluokka on luokiteltu tavanomaiseksi jätteeksi. Kuitenkin esimerkiksi eri jäteyhtiöiden oppaissa myös litiumioniakut on luokiteltu vaaralliseksi jätteeksi.

3. Litium-ioniakkujen turvallisuuden sääntely

Yhteenveto lainsäädännöstä

- Sekä kuluttajaturvallisuuslaki että sähköturvallisuuslaki edellyttävät sitä, että tuotteista ei aiheudu vaaraa. Toisaalta akkudirektiivi ei sisällä vaatimuksia akkujen käytön aikaiseen turvallisuuteen, ts. akut itsessään eivät edellytä turvallisuuteen liittyen CE-merkintää. Kemikaaliturvallisuuden osalta EU:n REACH- asetusta on keskeinen myös akkujen osalta. REACH-asetusta sovelletaan aineiden valmistukseen, markkinoille saattamiseen ja käyttöön. Asetuksen velvoitteet koskevat, aineita sellaisenaan sekä aineita seoksissa ja esineissä, kuten akut.*
- Näin ollen akkujen turvallisuuteen liittyen ei ole muita täsmällisiä vaatimuksia, mikä voi lisätä mahdollisuutta, että turvallisuudeltaan riittämättömiä tuotteita päätyy Suomen markkinoille.
 - Kuluttajat voivat tilata EU:n ulkopuolelta tuotteita, joissa ei ole otettu Suomen tai EU:n turvallisuusvaatimuksia ollenkaan huomioon, mikä on oma riskitekijänsä
- Litiumioniakkujen kuljetukseen ja kuljetukseen liittyvään varastointiin on VAK-direktiivin mukaisia vaatimuksia, mutta muuta varastointia koskevaa sääntelyä ei varsinaisesti vielä ole
 - Näin ollen Li-akkujen varastointiin esim. myymälöissä tai liikehuoneistossa ei ole suoria turvallisuusvaatimuksia.
 - Li-akut vertautuvat vaaraominaisuuksiltaan periaatteessa helposti syttyviin nesteisiin, sillä myös ne sisältävät paljon energiaa pienessä tilassa. Palavien nesteiden säilytystä koskien on turvallisuusvaatimuksia, mutta suurienkaan varastoitujen Li-akkumäärien riskejä (oikosulut, lämpökarkaaminen ja tulipalot) ei huomioida vastaavalla tavalla.
 - Käytettyjen akkujen varastointia koskien ei myöskään ole erillisiä turvallisuusvaatimuksia.
 - Ko. materiaalia koskee tuottajavastuu. Teollisuusakuiksi luokiteltaville Li-akuille ei kuitenkaan ole jätehuoltoa keskitetysti järjestävää tuottajayhteisöä, jolloin ko. materiaalia voi päätyä varastoiduksi esim. myymälöihin kuluttajien palautettuja käytettyjä akkuja.

3. Litium-ioniakkujen turvallisuuden sääntely

Yleiskatsaus standardisointiin

- Standardit jakautuvat maailmanlaajuisesti sähköalan, telekommunikaation ja muiden alojen standardeihin
- Sähköalan kansainvälinen katto-organisaatio on IEC, eurooppalainen katto-organisaatio CENELEC ja suomalainen katto-organisaatio SESKO
- Telealalla organisaatiot ovat ITU, ETSI ja Traficomin teleala
- Muissa standardeissa organisaatiot ovat vastaavasti ISO, CEN ja SFS
- EU:ssa tekninen turvallisuus on ns. uudessa lähestymistavassa pyritty järjestämään direktiivien ja harmonisoitujen standardien avulla:
 - Direktiiveissä annetaan olennaiset turvallisuusvaatimukset
 - Harmonisoiduissa (EN-) standardeissa esitetään tekniset spesifikaatiot, joita noudattamalla vaatimustenmukaisuus ainakin täyttyy ja CE-merkintää voidaan käyttää
 - Sähköalalla on lisäksi kansallisia lisävaatimuksia
 - Uusi lähestymistapa on saatettu voimaan toistaiseksi vain joillakin aloilla
- USA:ssa akkujen kannalta keskeisiä standardoijia ovat mm. IEEE (sähkötekniikka), SAE (kaikki alat mutta erityisesti autoala) ja ASTM
 - Koordinoivana kattojärjestöinä toimivat ANSI ja NIST
 - Turvallisuusstandardeja antaa myös UL
- Kiinassa keskeinen rooli on Standardization Administration of China -viranomaisella, joka mm. ohjaa ISO:n ja IEC:n kansallisten komiteoiden toimintaa.
- Venäjällä keskeinen standardisointijärjestelmä on GOST
- Suomessa voidaan käyttää kaikkia sellaisia standardeja, jotka eivät ole ristiriidassa kotimaisten tai EN-standardien kanssa
 - Suomessa on valmisteilla Litiumakkuihin liittyvä standardi

3. Litium-ioniakkujen turvallisuuden sääntely

Batterystandards.info

- <http://www.batterystandards.info>
- EU:n komission osarahoituksella koottu akkujen ja niiden systeemi-integroinnin standardien tietokanta
- Kokoajana on toiminut EnergyVille –yhteenliittymä, johon kuuluvat Leuvenin yliopisto, VITO, IMEC ja Hasseltin yliopisto
- Sisältää tällä hetkellä tiedot noin 400 standardista maailmanlaajuisesti
- Tietokannasta voidaan hakea standardeja mm. antajan, maan, sisällön, sovellusalan, elinkaaren osan ja tarkoituksen perusteella
- Tietokanta antaa kuvauksen standardin sisällöstä sekä linkin itse standardiin, joka tulee luonnollisesti ostaa erikseen

BatteryStandards.Info

Develop, test and integrate batteries according to the standards

Intro

Survey ▾

Tables ▾

Literature ▾

Thank

Survey on standards for batteries

This survey wants to alleviate system integration with batteries are covered.

Reference

Target

Sub Application

Life Phase

Obj

Editor

Year

3. Litium-ioniakkujen turvallisuuden sääntely

Akkuturvallisuuden jaottelu



Akkuturvallisuus = akun sisäinen turvallisuus + akun turvallisuus sitä hyödyntävässä laitteessa

Lisäksi Li-akun tulee selviytyä sovellusaluekohtaisista ja kuljetusmääräysten mukaisista turvallisuustesteistä. Testit perustuvat yleensä ei-normatiiviseen akateemiseen ja teollisuuden omaan tutkimukseen.

3. Litium-ioniakkujen turvallisuuden sääntely

Vakuutusyhtiöiden näkökulmia

- Vakuutusyhtiöillä ei ole Suomessa suojeleohjeita joissa olisi yksityiskohtaisesti otettu kantaa Litium – ioniakkuturvallisuuteen eikä akkuja välttämättä nähdä erillisenä säädeltävänä alueena vakuutusyhtiön näkökulmasta.
- Vakuutusyhtiöt luottavat siihen että asiakas huomioi turvallisuusnäkökohdat ja pyrkii omilla toimillaan poistamaan Li- akkuihin liittyviä riskejä samalla tavalla kuin muussakin toiminnassa. Akkuturvallisuuteen panostaminen on osa laajempaa turvallisuusajattelua.
- Toistaiseksi akkuturvallisuuteen panostamisella ei ole olennaista vaikutusta vakuutusten hintaan. Vakuutusten hinnoittelussa tarkastellaan kohdetta kokonaisuutena ja arvioidaan millä tavalla riskejä on kohteessa kokonaisuutena huomioitu.

Kenno- ja akkuvalmistus

3. Litium-ioniakkujen turvallisuuden sääntely

Kennovalmistuksen turvallisuus

- Akut perustuvat akkukennoille
- **Kennovalmistuksessa** anodi- ja katodimateriaalit päällystetään kemikaaleilla ja pakataan separaattorin kanssa kennoon, johon lisätään elektrolyytti. Kennoja formatoidaan ja varastoidaan.
- Valmistuksessa käsitellään vaarallisia kemikaaleja ja valmistuksella on ympäristövaikutuksia, joten turvallisuuden ohjauksen painopiste on akkutehtaan työ-, prosessi- ja ympäristöturvallisuudessa.
- Turvallisuusvaatimuksia lopputuotteelle asettavat lopputuotteen sovellusala sekä kuljetusmääräykset (ks. tuonnempana)
 - Lopputuotteen kehittäminen edellyttää usein erittäin monipuolista tutkimusta, testaamista, demonstrointia ja pilotointia, jossa yhteydessä akun turvallisuus määrittyy.
- Eräitä esimerkkejä sovellusalojen standardeista:
 - IEEE 1625: Rechargeable Batteries for Multi-Cell Mobile Computing Devices
 - IEEE 1725: Rechargeable Batteries for Cellular Telephones.
- Lopputuotteen valmistuksen turvallisuus perustuu laadulle: toiminnanharjoittajan omalle laadunvalvonnalle sekä myös asiakkaiden auditoinnille
 - Lähtökohtaisesti mm. kuljetusmääräykset edellyttävät, että valmistuksessa noudatetaan laatujärjestelmää
 - Ei ole valmistajan edun mukaista tuoda huonoa materiaalia markkinoille

3. Litium-ioniakkujen turvallisuuden sääntely

Akkuvalmistuksen turvallisuus

- Kun kennoja kytketään toisiinsa ja niihin lisätään suojaelektroniikka (BMS, battery management system), syntyy **akku**.
- EU:n akku- ja paristodirektiivi ja kansallinen toimeenpano (VNa paristoista ja akuista 520/2014) eivät ole turvallisuussäädöksiä. Harmonisoituja turvallisuusstandardeja ei ole
- Turvallisuusvaatimukset akuille ovat läheistä sukua kennovalmistuksen turvallisuusvaatimuksille.
- Viime kädessä EU:ssa kuluttajamarkkinoille saatettavan akun turvallisuutta ohjaa tuoteturvallisuusdirektiivi, ellei sovellusalalla ole erityisiä vaatimuksia. Suomessa direktiivi on pantu toimeen kuluttajaturvallisuuslailla 920/2011.
- Business to business -markkinoita ohjaa EU:ssa paljolti konedirektiivi, mutta sovellusaloilla on myös omia määräyksiään (ks. myöhemmin)
- Eräitä yleisiä teollisuusakkuja ohjaavia EN-turvallisuusstandardeja:
 - i. **SFS-EN 62619:2017:en**: Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes - Safety requirements for secondary lithium cells and batteries, for use in industrial applications
 - ii. **SFS-EN 62620:en**: Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes - Secondary lithium cells and batteries for use in industrial applications
- Yleisesti ottaen akut ovat varsin turvallisia: On esitetty, että laatu järjestelmää noudatettaessa noin 1/10 000 000-1/40 000 000 akusta lämpökarkaa spontaanisti*.

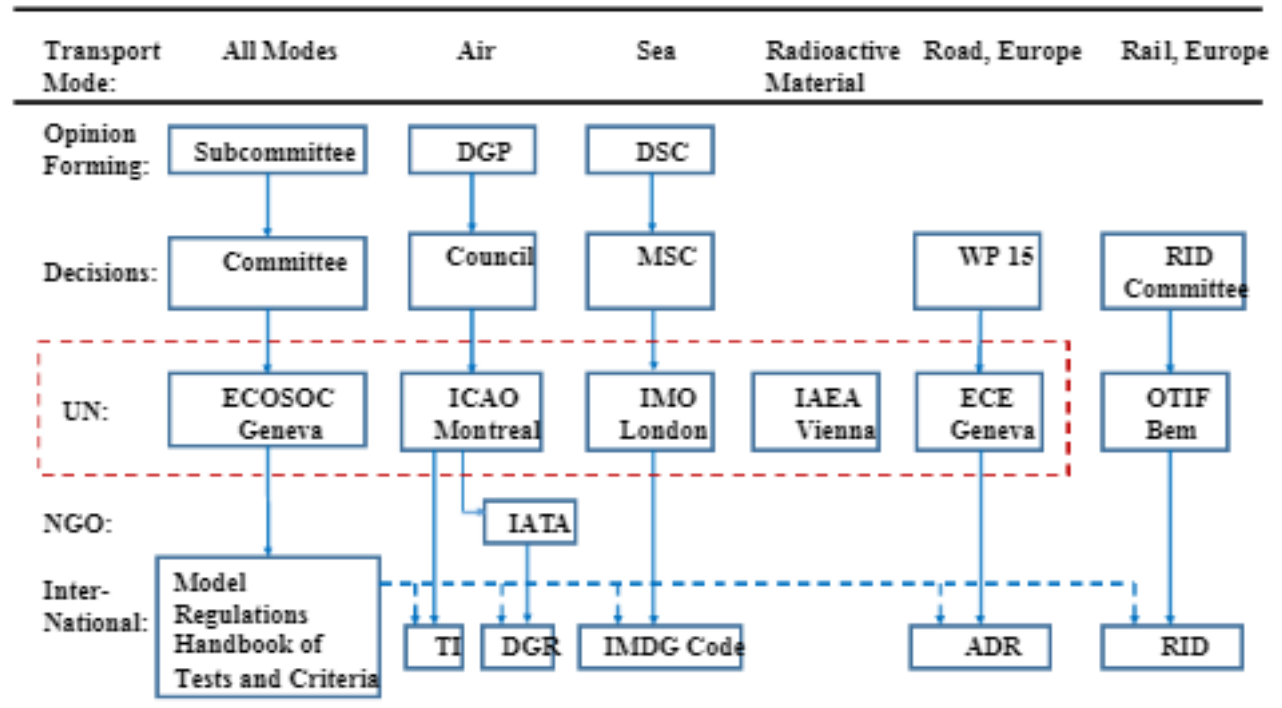
Kuljetusmääräykset maa-, meri- ja ilmaliikenteessä

Kuljetusmääräykset asettavat akuille ja kennoille periaatteessa merkittäviä turvallisuusvaatimuksia

3. Litium-ioniakkujen turvallisuuden sääntely

Vaarallisten aineiden kuljetusmääräysten taksonomia

Litium-ioniakut luetaan kuljetuksissa vaarallisiksi aineiksi



- Kuljetusmääräysten ytimessä ovat YK:n organisaatiot ECOSOC, ICAO, IMO ja ECE
- Raidekuljetuksissa keskusorganisaatio on OTIF
- Kansainväliset VAK-kuljetusmääräykset (TI, DGR, IMDG, ADR, RID) syntyvät näiden organisaatioiden työn pohjalta
- **YK-numero 3480: Li-ion akku, 3481: Li-ion akku pakattuna laitteen mukana tai sisään**

3. Litium-ioniakkujen turvallisuuden sääntely



YK-kuljetustestit muodostavat vaativan lähtökohdan kennojen ja akkujen turvallisuudelle

UN Manual of Tests and Criteria chapter 38.3

- T1: Korkeussimulointi: säilytys 11.kPa paineessa 6 h.
- T2: Lämmönvaihtelutesti: lämmönvaihtelu alle 30 min jaksolla -40 deg C...+75 deg C 6 tunnin ajan. Sama akku kuin edellä.
- T3: Tärinätesti: sinimuotoinen heräte logaritmisella taajuuden nostolla 7 Hz – 200 Hz 8 G max kiihtyvyys, 12 sykliä, 3 ortogonaalisen akselin suunnissa. Sama akku kuin edellä.
- T4: Iskunkestävyys: puolisiniaallon muotoinen isku (150 G huippukiihtyvyys, pulssinkesto 6 ms), 3 iskua molempiin suuntiin 3 akselin suunnassa, yht. 18 iskua. Sama akku kuin edellä.
- T5: Ulkoinen oikosulku: alle 0.1 Ohm oikosulku 1 tunnin ajan, 55 deg C lämpötilassa. Sama akku kuin edellä.
- T6: Osumatesti: 15.8 mm halkaisijaltaan oleva tanko asetetaan akun päälle ja tangon päälle pudotetaan 9.1 kg massa 61 cm korkeudesta. Uusi akku.
- T7: Ylilataustesti: 24 h ylilataus 2-kertaisella virralla valmistajan suosittelemaan maksimivirtaan nähden. Suoritetaan edellisten testien vahingoittumattomille akuille
- T8: Pakotettu purku: purku tyhjäksi suurimalla suositellulla purkuvirralla. Uusi akku.
- Kennot: testit T1-T6 + T8 kun kennoja kuljetetaan kennoina; kun kennot akussa: T6 ja T8
- Akut joissa 1 kenno: kennotestaus + T7
- Akut joissa useita kennoja: kennotestaus + T1-T5+T7

3. Litium-ioniakkujen turvallisuuden sääntely

Esimerkkejä teollisuusakkujen kuljetustestistandardeista

- **IEC EN 62133:** Secondary Cells and Batteries Containing Alkaline or Other Non-Acid Electrolytes—Safety Requirements for Portable Sealed Secondary Cells, and for Batteries Made from Them, for Use in Portable Applications
 - Kannettavissa laitteissa käytettävien akkujen tulee täyttää kuljetusmääräysten lisäksi tämän standardin normit
 - Kuten UN 38.3 mutta vaatii lisäksi sisäisen oikosulku-testin
- **IEC EN 62281:** Safety of Primary and Secondary Lithium Cells and Batteries During Transport
 - Kuten UN 38.3, noudatetaan EU:ssa
- **UL 1642:** Lithium Batteries (USA)
- **UL 1973:** Batteries for Use in Light Electric Rail (LER) Applications and Stationary Applications (USA)

3. Litium-ioniakkujen turvallisuuden sääntely

Lentokuljetusten kv. määräykset - ICAO ja IATA

- Akut kuuluvat IATA DGR luokkaan 9. Niiden pakkausmääräykset ovat monimutkaisia; niitä on summeerattu esim. viitteessä alla

Akut matkatavarana:

- Pienet akut (< 100 Wh) on sallittu käsi- ja muuna matkatavarana. Matkatavara-akkuihin liittyvät laitteet on suljettava ja suojattava.
- 100-160 Wh elektroniikan ja lääkinnällisten laitteiden irtoakut on sallittu käsimatkatavarana operaattorin luvalla.
- Matkatavaroissa olevat 100-160 Wh akut on sallittu operaattorin luvalla.

Rahtimääräykset

- Akkujen tulee selviytyä UN 38.3 –kuljetustesteistä.
- Akkujen SOC saa olla korkeintaan 30%.
- Akuissa tulee olla ylipaineventtiili.
- Ulkoinen oikosulku tulee olla luotettavasti estetty.
- Valmistajalla tulee olla laatujärjestelmä; IATA DGR 3.9.2.6 määrittelee sen sisällöt; Euroopassa vaaditaan ISO 9000

Lentokuljetuksissa lisäksi

- Prototyyppisiä saa kuljettaa rahtikoneissa vain lähettäjämaan toimivaltaisen viranomaisen hyväksynnällä
- Hylkyakkuja saa kuljettaa rahtikoneissa mutta vain lähettäjämaan toimivaltaisen viranomaisen hyväksynnällä sekä operaattorin kotimaan toimivaltaisen viranomaisen hyväksynnällä
- Kaikkien valmistajansa viallisiksi toteamien akkujen kuljettaminen on kielletty

Käytännössä eräät lentoyhtiöt ja –ryhmittymät kieltäytyvät Litium-ioniakkujen kuljettamisesta

3. Litium-ioniakkujen turvallisuuden sääntely

Pintakuljetusten kv. määräykset

- **Rahtimääräykset kuten lentokuljetuksissa**
- Prototyyppejä saa kuljettaa jos ne on pakattu erikseen sisäpakkauksiin ulkopakkauksen sisään, ulkopakkaus oltava pakkausluokka (PG) I (I=suurin vaara; II= keskisuuri vaara, III= pieni vaara)
- Kierrätykseen ja hävitykseen menevissä akuissa ulkoinen oikosulku tulee estää luotettavalla tavalla, eivätkä akut saa liikkua ulkopakkauksen sisällä merkittävästi, ulkopakkaus luokkaa PG II
- Pakkaukset merkittävä “LITHIUM BATTERIES FOR DISPOSAL” tai “LITHIUM BATTERIES FOR RECYCLING”
- Erityisen vaarallisille akuille voi kansallinen viranomainen antaa kuljetusluvan
- ADR, RID- ja IMDG-pakkausmääräyksiä on summeerattu alla olevassa viitteessä

3. Litium-ioniakkujen turvallisuuden sääntely

Määräykset Euroopassa

- Pääasiassa Euroopassa noudatetaan kansainvälisiä määräyksiä
- Kuljetusvaatimuksissa akkuvalmistajan laatujärjestelmän tulee olla ISO 9000
- Keski-Euroopassa on lisäksi maiden välisiä monenkeskisiä kuljetussopimuksia, joilla joko annetaan helpotuksia mm. akkuromun ja suurten prototyyppiakkujen pakkausmääräyksiin sekä viranomaishyväksyntöihin
- EN-IEC-standardit ovat yhteensopivia UN 38.3 -testien kanssa
- Kuljetuksen standardeja ovat mm.
 - i. **EN 50272-1** (kuten IEC 62485-1:2014); Safety requirements for secondary batteries and battery installations; detailed safety aspects, hazards associated with electricity (installation, charging, discharging, short circuits, and other points of concerns in the batteries), electrolyte, inflammable gas mixtures, storage, and transportation
 - ii. **EN 62281:2015**; Test methods and requirements for primary and secondary lithium cells and batteries to ensure their safety during transport
- Standardit eivät kata kierrätys- tai hävitettäviä akkuja

A photograph showing two firefighters in full protective gear, including helmets and oxygen tanks, using a high-pressure hose to extinguish a large, intense fire in an industrial facility. The fire is bright orange and yellow, and the firefighters are positioned on the left side of the frame, spraying water towards the right. The background shows industrial structures and a large fireball.

4. Litium-ioniakkujen vaarat ja vaaroilta suojautuminen teollisessa valmistuksessa

4. Litium-ioniakkujen vaarat ja vaaroilta suojautuminen

Yleistä varautumisesta

- **Li-akkupalossa tulee varautua:**
 1. Tilan evakuointiin ja ihmisryhmien ohjeistamiseen
 2. Mahdollisen alkusammuttajan henkilösuojaamiseen
 3. Alkusammutukseen ja akun jäähdyttämiseen
- **Ihmisille jotka eivät ole tekemisissä akkujen kanssa** työkseen on syytä ohjeistaa, että akkupaloa ei saa yrittää sammuttaa eikä akkua saa yrittää siirtää. Akku voidaan yrittää peittää sammutuspeitteellä, minkä jälkeen seurataan sisäisen pelastussuunnitelman ohjeita.
- **Ihmiset jotka työskentelevät akkujen kanssa**, voidaan kouluttaa alkusammutukseen. Akkujen koosta riippuen teknisesti on varauduttava lämpöä eristävillä vaatteilla, nestepohjaisella käsisammuttimella (ei luokan D metallipaloihin tarkoitettua sammutinta) sekä palovesiletkulla, jolla akkua jäähdytetään sammutuksen jälkeen. Myös hengityssuojausta (esim. palohuppu) sekä lämpöä eristäviä vaatteita voidaan harkita.
- **Sisäinen pelastussuunnitelma** tulee päivittää akkujen osalta ja toimintaa tulee harjoitella.
- On myös huomattava, että suuri akkupalo voi pahimmillaan aiheuttaa koko tuotantolaitoksen palon ja **merkittävät taloudelliset haitat**.

4. Litium-ioniakkujen vaarat ja vaaroilta suojautuminen

Akkujen kokoaminen 1/2

I. Akkujen käsittely

- Akkujen kokoaminen voidaan luokitella seuraaviin tapauksiin:
 1. Akkujen kokoaminen kennoista: Yksittäiset kennot kytketään kennostoksi, jonka jälkeen siihen liitetään ohjaus- ja valvontajärjestelmät (käytännössä BMS-järjestelmä ja muu mahdollinen elektroniikka)
 2. Akun kokoaminen valmiista kennostosta: Kokonaisena toimitettuun kennostoon liitetään ohjaus- ja valvontajärjestelmät
- Kennostoon muut akun osat liitetään tyypillisesti juottamalla, mutta erikoistapauksissa tähän voi liittyä mm. hitsausta.

II. Käsittelyn vaarat

- Akkujen kokoamisessa keskeiset vaarat ovat a) juottamisesta ja erityisesti hitsauksesta syntyvä korkea lämpötila ja b) oikosulkujen ja sähköiskujen vaarat.
- Tyypillisesti akkujen kokoamisessa käsiteltävät kennot ja kennostot ovat suoraan tehtaalta tulleita, uusia ja toimittajan testaamia ja tehdaslatauksessa, joten ne ovat lähtökohtaisesti niin turvallisia kuin mahdollista. Mikäli hankitaan korkeamman riskin akkuteknologioita, hankitaan vähemmän tunnettujen toimijoiden tuotteita tai kasataan akkuja jo käytetyistä tai tuntemattoman kunnan kennoista, ovat akkujen teknisestä laadusta johtuvat riskit korkeammat.

4. Litium-ioniakkujen vaarat ja vaaroilta suojautuminen

Akkujen kokoaminen 2/2

III. Hyviä käytäntöjä

- Akkujen kokoamiseen liittyvät juotos- ja hitsaustyöt tulisi ensi sijaisesti suorittaa tulityö-/ATEX-tilassa, josta löytyy myös asianmukainen tuuletus. Tilan tulee olla myös asianmukaisesti siisti niin, ettei siellä esimerkiksi säilytetä kemikaaleja.
- Erilaisten riskejä merkittävästi lisäävien poikkeuksellisten käsittelytapojen (kuten hitsaus) tulisi lähtökohtaisesti olla perusteltuja yksittäistapauksia, ja ylimääräisiä riskejä tulisi aina välttää prosessien suunnittelulla.
- Akkujen kokoaminen on syytä rajoittaa tietyille, erikseen merkityille alueille.

IV. Riskienhallinnan kannalta oleelliset tekijät

- Jos akkuja kootaan luonteeltaan kokeellisiin tarkoituksiin pieninä sarjoina, akkujen merkintöihin ja niiden liikkumiseen organisaation sisällä tulisi kiinnittää erityistä huomiota jotta ne eivät sekoitu laatuvarmistettuihin akkuihin.
- Akkujen kokoamisalueen sijoittelussa tulee ottaa huomioon erityisesti uusien kennojen ja kennostojen sekä koottujen akkujen varastointi: onko varastointi turvallista ja saako akut kätevästi ja turvallisesti siirrettyä kokoamisalueelle ja sieltä eteenpäin.
- Kokoamisessa on varauduttava riittävällä sammutus- ja jäähdytyskapasiteetilla. Tarvittaessa työntekijöiden poistuminen on turvattava esimerkiksi pakohappujen avulla.

4. Litium-ioniakkujen vaarat ja vaaroilta suojautuminen

Uusien akkujen varastointi 1/2

I. Akkujen käsittely

- Uusien akkujen varastointi voi karkeasti tapahtua joko
 1. Akkujen varastointiin erikseen määrätyllä ja rajatulla alueella
 2. Muun varastointitilan yhteydessä, selkeästi rajatulla alueella (esim. omassa palosuojatussa kaapissa, erillään palokuormasta)
 3. Muun varastotilan yhteydessä omalla alueellaan (esim. omalla hyllyllään) tai muun tavaran seassa
- Akkuja voidaan varastoida joko kennoina (tehdaspaketissa tai purettuna), kennostoina tai valmiina akkuina.

II. Käsittelyn vaarat

- Uusien akkujen varastointiin liittyvät vaarat voidaan pääsääntöisesti jakaa vaaroihin jotka liittyvät a) käyttöönottoa odottaviin akkuihin ja b) akkujen siirtelyyn varastoalueelle tai –alueelta.
- Hyllyssä odottaviin akkuihin liittyy lämpökarkaamisen riski sekä siitä syntyvät palon leviäminen ympäröiviin akkuihin, muuhun palokuormaan ja lopulta koko rakennukseen.
- Akkujen siirtelyyn liittyy akkujen vaurioitumisen ja lämpökarkaamisen riski mm. putoamisen seurauksena.

4. Litium-ioniakkujen vaarat ja vaaroilta suojautuminen

Uusien akkujen varastointi 2/2

III. Hyviä käytäntöjä

- Suositeltavaa on säilyttää uudet akut (tai kennot) niille erityisesti suunnitellulla alueella tai vähintäänkin palosuojatussa tilassa (esimerkiksi erillinen peltikaappi tai paloa kestävä hylly etäällä palokuormasta).
- Riskinarvion perusteella mm. ympäristön haavoittuvuudesta tai säilytettävien akkujen suuresta määrästä johtuen voi olla syytä varustaa akkujen säilytystilat erityisillä suojamekanismeilla, mm. hyllysprinklauksella*.
- Käytetyt tai viallisiksi havaitut tai epäillyt akut on aina syytä säilyttää erillään uusista – tällä parannetaan sekä varmuutta käyttöön otettavien akkujen tilasta että vähennetään lämpökarkaamisen vaikutuksen leviämisen riskiä viallisista akuista käyttämättömiin.

IV. Riskienhallinnan kannalta oleelliset tekijät

- Riskien suuruutta kasvattavat varastoinnissa erityisesti akkujen suuri määrä, korkeamman riskin akkukemia, palokuorman määrä akkujen lähistöllä sekä se, jos kennoja tai akustoja säilytetään navat suojaamattomina
 - Palokuormaa voivat olla niin akkujen tai kennojen pakkaukset, säilytystilojen kalusteet kuin muut varastoitavat tuotteet
 - Suojaamattomat navat voivat altistaa akun ulkoiselle oikosululle
- Akkujen fyysinen koko on myös merkittävä tekijä, sillä suurien akkujen siirtely on vikatilanteissa joko mahdotonta tai hidasta
- Tilaukseen, toimitukseen ja varastointiin liittyvät prosessit on syytä suunnitella niin, että organisaatiossa ollaan aina tietoisia siitä, missä litium-ioniakkuja milloinkin on

4. Litium-ioniakkujen vaarat ja vaaroilta suojautuminen

Akkujen testaaminen 1/2

I. Akkujen käsittely

- Akkujen testausta normaalirajoissa voidaan tehdä joko kaikille tilatuille akuille tai pistemäisin testein niiden laadun takaamiseksi – tämä ei varsinaisesti poikkea niiden normaalikäytöstä.
- Erityisesti tuotekehitystoiminnassa akkuja joudutaan käyttämään niiden valmistajien määrittämien turvallisuusrajojen ulkopuolella, esimerkiksi seuraavilla tavoilla:
 - Käsittelyt kuten olosuhdetestaus, epätavallinen kuormitus ja lataus, lämpöä nostavat toimenpiteet (hitsaus, juottaminen)
 - Testikäyttö ilman BMS:a ja/tai ilman ulkoista suojakuorta
 - Ikäännyttäminen
- Lisäksi testisovellukset voivat vaatia korkean riskin akkukemioita, joita organisaatiossa ei muuten ole käytössä.

II. Käsittelyn vaarat

- Kaikki akkujen käsittely valmistajien suositusrajojen ulkopuolella lisää niistä aiheutuvia riskejä merkittävästi; akut voivat vaurioitua joko välittömästi tai viiveellä, mutta käytännössä kaikissa tapauksissa lämpökarkaamisen riski kasvaa merkittävästi.
- Merkittävästi kohonnut lämpökarkaamisen riski johtaa myös kohonneeseen riskiin siitä, että suuria määriä fluorivetyä vapautuu tilaan; erityisesti jos tästä ei olla tietoisia ja tilaan tullaan suojautumatta, on kuolemanvaarankin riski suuri.

4. Litium-ioniakkujen vaarat ja vaaroilta suojautuminen

Akkujen testaaminen 2/2

III. Hyviä käytäntöjä

- Akkujen testaus on syytä keskittää sille erityisesti varatulle alueelle, jonka valinnan kannalta ainakin ympäristön haavoittuvuus sekä olemassa olevat varautumisjärjestelmät (mm. sammutus ja tuuletus) tai mahdollisuus rakentaa niitä ovat keskeisiä kriteereitä.
- Testausalueille on syytä tuoda käyttöön sekä sammutukseen että henkilösuojaukseen erityinen suojavälineistö. Lisäksi ilmanvaihtoon on syytä kiinnittää erityistä huomiota (joko kiinteä tai siirrettävä poistoilmaratkaisu).
- Testauksen alaisia akkuja ei tule jättää ilman valvontaa; valvonta voi olla joko fyysistä tai etäratkaisulla toteutettua (esim. lämpöantureihin tai kaasun havaitseviin sensoreihin perustuva varoitusjärjestelmä).
- Olemassa olevista tiloista mm. tulityö- ja ATEX-tilat voivat olla helposti muunnettavissa akkujen testauskäyttöön soveltuviksi.

IV. Riskienhallinnan kannalta oleelliset tekijät

- Akkujen testaukseen liittyviä riskejä ei pääsääntöisesti voida kokonaan poistaa, eli varautumisen taso nousee erityisen tärkeään asemaan. Testaamisen yhteyteen on varattava riittävä sammutus- ja jäähdytyskapasiteetti.
- Testaustoimintojen keskittäminen yhteen tai harvoihin sijainteihin mahdollistaa näiden keskitetyn, korkeamman tason varustelun vaaratilanteiden varalle.
- Testaustoimintaan liittyvät korkean riskin käsittelyt ovat tyypillisesti luonteeltaan yksittäistapauksia ja jokaisen uuden tällaisen suunnittelussa suositellaan erillisen riskiarvion tekemistä: jos akku syttyy, mitä palaa? Miten toimitaan? Miten evakuoidutaan?

4. Litium-ioniakkujen vaarat ja vaaroilta suojautuminen

Kokoonpano 1/2

I. Akkujen käsittely

- Kokoonpanolla tarkoitetaan valmiin akun tai akuston liittämistä lopputuotteeseen käyttöä varten.

II. Käsittelyn vaarat

- Kokoonpanossa vaaratilanteet ovat mahdollisia erityisesti, jos käytössä oleva akku on vääränlainen, väärän kokoinen tai laadultaan huono, tai jos akun asennuksessa tehdään virheitä.
- Erityisesti akkuun liittyviin sähkötöihin tulee kiinnittää huomiota; väärin tehdyt kytkennät ja erilaiset oikosulut altistavat kokoonpanotilanteessa sähköiskuille ja myöhemmin akun lämpökarkaamiselle, jos virhettä ei havaita.
- Kokoonpanossa on mahdollista myös kolhia akkua sekä altistaa sitä muille lämpökarkaamista aiheuttaville tekijöille.

4. Litium-ioniakkujen vaarat ja vaaroilta suojautuminen

Kokoonpano 2/2

III. Hyviä käytäntöjä

- Kokoonpanossa on noudatettava akun tai sen osien valmistajan ohjeita tarkasti.
- On suositeltavaa, että akkujen asennukset lopputuotteisiin tekee lopputuotteen valmistaja, joka on myös testannut akun ja varmistanut, että kyseinen akku sopii laitteeseen.
- Kokoonpanoalue on syytä varustaa riittävällä sammutuskalustolla ja suojautumisvälineillä. Akkujen liittäminen laitteisiin kannattaa käytettävissä olevan tilan sallimissa rajoissa rajata selkeästi. Jos mahdollista, akkujen liittäminen ja muu kokoonpano voidaan erottaa fyysisesti eri tiloihin, jolloin varautumistoimet voidaan keskittää.

IV. Riskienhallinnan kannalta oleelliset tekijät

- Kokoonpanossa akun suunnittelulla voidaan olennaisesti vähentää riskejä. Esimerkiksi ulkoisen oikosulun mahdollisuuksia voidaan pienentää suojaamalla akun navat.
- Kokoonpanossa (ja lopputuotteen suunnittelussa) on syytä hyödyntää mahdollisuuksien mukaan modulaarisuutta erityisesti akkua koskien, sillä tätä kautta saadaan potentiaalisesti vähennettyä riskejä niin kokoonpanossa, kuljetuksessa asiakkaalle kuin huoltotoiminnassakin. Mahdollisimman modulaarinen ja näin ollen helposti irrotettava akku on esimerkiksi mahdollista kuljettaa erillään muusta tuotteesta (mikä mahdollistaa muun muassa rajatumman altistumisen haastaville sääolosuhteille).

4. Litium-ioniakkujen vaarat ja vaaroilta suojautuminen

Huoltotoiminta 1/2

I. Akkujen käsittely

- Akkuihin liittyvällä huoltotoiminnalla tarkoitetaan tilanteita, joissa akkua käyttäviä lopputuotteita huolletaan.
- Huolto voi kohdistua joko tuotteeseen kokonaisuutena ja akkua joudutaan käsittelemään osana muuta huoltoprosessia tai suoraan akkuun (esimerkiksi suorituskyvyn testaus tai akun irrottaminen/vaihto).

II. Käsittelyn vaarat

- Huoltotoiminnan riskit akun näkökulmasta jakautuvat karkeasti seuraaviin tapauksiin:
 - a) lämpökarkaamisen riskiä kasvattava tai sen suoraan aiheuttava akun rikkoutuminen ja
 - b) akun ulkoinen oikosulku, joka altistaa sekä sähköiskuille että lämpökarkaamiselle.
- Akun rikkoutuminen liittyy pääsääntöisesti sen käsittelyyn ja liikutteluun (akkuun voi osua muu esine tai akku voi pudota). Oikosulun voivat aiheuttaa vääränlainen sähköistyksen käsittely sekä sattuman kaltaisesti ulkoiset esineet (esimerkiksi, metallinen työväline voi pudota akun napojen päälle ja aiheuttaa oikosulun).
- Erityisenä vaarana on se, että huoltoa suorittava henkilö altistuu riskille, joka voi olla hänelle uudenlainen eikä varautuminen riskiin tai reaktio onnettomuuteen näin ole asianmukainen.
- Vaaraa aiheutuu myös ainakin välillisesti tilanteessa, jossa akku vaihdetaan laadultaan huonompaan tai sellaiseen akkuun, jonka tilaa ei tiedetä. Tämä lisää sekä huoltotilanteen että myöhemmän käytön aikaisia riskejä.

4. Litium-ioniakkujen vaarat ja vaaroilta suojautuminen

Huoltotoiminta 2/2

III. Hyviä käytäntöjä

- Akut tulee sisällyttää lopputuotteiden huoltosuunnitelmaan omana, erikseen huomioituna osa-alueenaan. Näin vältetään ikääntyneiden akkujen aiheuttamalta ylimääräiseltä riskiltä.
- Huolto-ohjeita tulee noudattaa tarkasti. Ohjeiden tulee kattaa olennaisilta osin kaikki akkujärjestelmän osat (akku ja BMS sekä mahdolliset viilennys-, ilmastointi-, palontorjunta- ja hälytysjärjestelmät).
- Huoltoa toteuttavan henkilön tulee olla tietoinen siitä, että laitteessa oleva akku on litium-ioniakku. Huoltoa saa tehdä vain akkujen huoltoon ja sähkötöihin koulutettu henkilö.
- On suositeltavaa sopia akkuja käyttävän tuotteen valmistajan kanssa akun huoltamisesta, mikäli itse akku tai sen osat kaipaavat huoltoa.

IV. Riskienhallinnan kannalta oleelliset tekijät

- Riskeihin varautumisessa olennaista on, että Li-akkuja käyttäviä laitteita huoltavan henkilöstön riittävästä koulutuksen tasosta huolehditaan – akkuihin liittyvät riskit ja mahdolliset onnettomuudet eivät saa tulla yllätyksenä.
- Akkuja vaihdettaessa on tärkeää, että akut vaihdetaan vastaavan laatuiseen ja toiminnallisuudeltaan identtiseen akkuun.
- Itse huoltotapahtumaa laajemmalla kannalta olennainen kysymys on, miten käytetyn (ja mahdollisesti viallisen) akun paluuvirta hoidetaan.

4. Litium-ioniakkujen vaarat ja vaaroilta suojautuminen

Käytettyjen akkujen käsittely ja varastointi 1/2

I. Akkujen käsittely

- Käytettyjen akkujen käsittelyllä tarkoitetaan vanhentuneiden, viallisten tai viallisiksi epäiltyjen akkujen poistamista käytöstä. Tämä voi kattaa akkujen tilan arvioinnin tai testaamisen, niiden irti kytkemisen ja irrottamisen niitä käyttävästä laitteesta, niiden siirtämisen kierrätysastiaan tai –pisteeseen sekä varastoinnin niin lyhyellä kuin pidemmällä aikavälillä.

II. Käsittelyn vaarat

- Käytettyjen akkujen käsittelyssä vaaroja ovat sekä sähköiskut että kohonnut lämpökarkaamisen riski.
- Käytetyn akun tilaa ei välttämättä tunneta, eikä viallisuus aina näy ulkoisina tunnusmerkkeinä (mm. pullistuminen ja lämpeneminen).
- Käytettyjen akkujen varastoinnissa riskinä on erityisesti, että viallisia akkuja varastoidaan valvomattomina, suurina määrinä ja palo- ja kaasuturvallisuuden kannalta puutteellisessa tilassa.

4. Litium-ioniakkujen vaarat ja vaaroilta suojautuminen

Käytettyjen akkujen käsittely ja varastointi 2/2

III. Hyviä käytäntöjä

- Käytetyt ja käytöstä poistetut akut tulee merkitä selkeästi siten, että niiden tila on jatkuvasti ja yksiselitteisesti tiedossa.
- Käytetyt ja käytöstä poistetut akut tulee säilyttää erillään uusista akuista niille erikseen varatussa, paloturvallisessa ja merkityssä tilassa.
- Käytetyt ja käytöstä poistetut akut tulee ohjeistaa toimitettavaksi välittömästi niille varattuun, asianmukaiseen säilytysastiaan (esimerkiksi peltikaappi). Akkujen säilytys kannattaa mahdollisuuksien mukaan järjestää erilliseen tilaan, esimerkiksi muista rakennuksista erilliseen kierrätyskonttiin.
- Vialliset akut (joilla lämpökarkaamisen riski on korkein) tulee erottaa muista käytöstä poistetuista akuista ja säilyttää pienissä erissä paloturvallisissa olosuhteissa.
- Säilytystilassa litium-ioniakut tulee erottaa muusta palokuormasta (esimerkiksi alkaliparistot ja erilaiset kemikaalit) siten, ettei lämpökarkaaminen johda laajempaan paloon.

IV. Riskienhallinnan kannalta oleelliset tekijät

- Käytettyihin akkuihin liittyvien riskien hallinnassa keskeisessä osassa on prosessin ja toimintamallin selkeä määrittely ja noudattaminen. Tällä vältetään muun muassa tilanteelta, jossa käytettyjä akkuja jää merkityksittä lojumaan tiloihin, joissa ihmiset voivat altistua onnettomuudelle ja jossa vaaraa ei välttämättä edes tiedosteta olevan.

4. Litium-ioniakkujen vaarat ja vaaroilta suojautuminen

Yleisiä hyviä käytäntöjä

1. Akkujen käytönvalvoja

- Mikäli organisaatiossa käsitellään paljon akkuja ja organisaatio on suuri, on suositeltavaa määritellä organisaatioon **akkujen käytönvalvoja**.
- Akkujen käytönvalvojan tehtävänä on huolehtia organisaatiossa akkujen turvallisesta hankinnasta, akkujen vaaroista tiedottamisesta, akkujen vaaroihin varautumisesta (varusteet ja koulutus) ja annettujen ohjeiden noudattamisesta.
- Lisäksi akkujen käytönvalvoja voi toimia akkaturvallisuuden sisäisenä konsulttina organisaatiossa.

2. Keskitetty käytöstä poistettujen akkujen keruu ja säilytys

- Usein erilaiset Li-akut jäävät lojumaan käytettyjen laitteiden yhteydessä hyllyihin ja varastoihin.
- Yksi syy tälle on Li-akkujen tuottajavastuun heikko toteutuminen, huonosti saatavilla olevat kierrätyspalvelut tai esim. se, että pienakut ovat kiinni liisatussa laitteessa, joka palautetaan omistajalleen käytettynä.
- Li-akkujen keskitetty poiskeruu ja syttymiseen varautuva säilyttäminen saattavat estää merkittävän rakennuspalon.

4. Litium-ioniakkujen vaarat ja vaaroilta suojautuminen

Yhteenveto (1/2)

- Vaaroilta suojautumisen ja niihin varautumisen parhaat käytännöt voidaan jakaa seuraaviin:

1. Vaarojen minimointi prosessien suunnittelulla

- **Akkujen sijainti, niiden määrä ja laatu sekä niiden tila täytyy olla organisaatiolla jatkuvasti ja ajankohtaisesti tiedossa** – esimerkiksi, vialliset akut eivät saa jäädä lojumaan asianmukaisten keräysastioiden ulkopuolelle, eikä varaston vastaanottoon saa jäädä akkuja (etenkään merkitsemättöminä lähetyksinä).
- **Akkujen** liikkuminen yrityksen tiloissa ja sieltä pois kannattaa suunnitella siten, että niiden **käsittely tapahtuu aina selkeästi rajatuilla ja merkityillä alueilla**, mielellään niin, että ympäristön haavoittuvuus on mahdollisimman pieni. Akut (ja mahdollisuuksien mukaan niiden tila) on syytä merkitä selkeästi esimerkiksi tarralla akun yhteyteen.
- Käytössä olevien akkujen fyysinen koko ohjaa prosessien suunnittelua turvallisuuden näkökulmasta: pienempien (käsin nostettavissa olevien) akkujen paloturvallisuutta voidaan parantaa jo palonkestävillä hanskoilla ja astioilla, joihin akut voidaan siirtää, kun taas suuremmat akut vaativat sprinklereiden kaltaisia kiinteitä sammutusjärjestelmiä.

4. Litium-ioniakkujen vaarat ja vaaroilta suojautuminen

Yhteenveto (2/2)

2. Korkean riskin toimintojen tunnistaminen, valvonta ja korkean tason varautuminen

- Lähtökohtaisesti akkujen käsittelyssä ja käytössä noudatetaan niiden valmistajien ilmoittamia ohjerajoja. Erilaisten riskejä merkittävästi lisäävien poikkeuksellisten käsittelytapojen (kuten juottaminen ja hitsaus) tulisi lähtökohtaisesti olla perusteltuja yksittäistapauksia ja ne tulisi toteuttaa asianmukaisesti varustelluissa tiloissa (palonkesto, ilmastointi, henkilösuojaimet).
- Korkean riskin käsittelytapauksille (erityisesti erilaiset hajottavan testauksen menetelmät) ei voida luoda kattavia yleisluontoisia ohjeita, vaan jokaisen tällaisen suunnitteluun suositellaan erillisen riskinarvion tekemistä.

3. Poikkeustilanteiden ja ylimääräisten riskien välttäminen

- **Akkujen lähistöllä oleva palokuorma tulee minimoida kaikissa käsittelyn vaiheissa** – esimerkiksi, niitä ei tule säilyttää kemikaalien lähistöllä (ei edes käytettyinä kierrätystiloissa odottamassa loppukäsittelyä). Erityisesti pitempiaikaisessa säilytyksessä tulee kiinnittää huomiota säilytystilojen palonkestoön (esimerkiksi erillisten paloturvallisten kaappien käyttö) sekä riittävän korkeatehoisen sammutusvälineistön käyttöön.
- Akkukemian valinnassa on syytä pyrkiä siihen, että aina valittaisiin mahdollisimman matalan riskin akkuja (mahdollisimman stabiili akkukemia). On myös syytä tehdä organisaatiotasolla linjaus, että **akkuja hankitaan vain luotettaviksi tunnistetuilta toimijoilta** – luotettavien akkujen merkitys niin yrityksen sisäiselle ja sen asiakkaiden turvallisuudelle kuin yrityksen maineellekin on keskeinen.
- Valmiissa tuotteissa olevien akkujen korvaaminen ja huolto ovat turvallisuuden näkökulmasta samalla tavoin keskeisiä kuin yrityksen sisäisesti tapahtuva akkujen käsittely. Näissä lähtökohtana on oltava toimenpiteitä suorittavan henkilöstön riittävän osaamisen ja koulutuksen varmistaminen sekä se, että akut on aina korvattava vastaavan laatuilla (mielellään saman toimittajan identtisillä) akuilla.

5. Akkujen vaarat ja vaaroilta suojautuminen lopputuotteissa – sääntely ja hyviä käytäntöjä

**MAAILMAN PARASTA
AURINKOENERGIAA**

HELLEN



Sähkön varastointi

5. Akkujen vaarat ja vaaroilta suojautuminen lopputuotteissa *g a i a*

Sähkön varastointi - Yleistä

- Sähkövarastot ovat yleistymässä. Aiemmin sähkövarastoja hankkivat pääosin sähkö-alan asiantuntijat (esim. energiayhtiöt). Käyttökohteiden monipuolistuessa käyttäjinä on myös tahoja joilla ei ole sähköalan erityisasiantuntemusta (kiinteistönomistajat ym.).
- Sähkövarastoihin liittyvät turvallisuusohjeet eivät vielä ole pitkälle kehittyneitä eikä tehokkaista sammutusmenetelmistä ole kertynyt kovin paljon kokemuksia. Sähkövarastojen teknologia kehittyä samalla nopeasti.
- Sähkövaraston turvallisuutta on tarkasteltava kokonaisuutena huomioiden sen käyttötarkoitus, akun tekniset ominaisuudet, turvallisuusjärjestelmät sekä sähkövaraston sijaintiin liittyvät näkökohdat.
 - Sähkövarastoja on erikokoisia ja niitä voidaan toteuttaa teknisesti eri tavoin. Turvajärjestelmien toteuttamisessa on erilaisia vaihtoehtoja. Akkuihin liittyvät riskit ja kuinka tehokkaasti riskit pystytään eliminoimaan riippuu myös siitä millaiseen tilaan akku on sijoitettu.
- Li-akkupohjaiset sähkövarastokohteet voidaan karkeasti jakaa kahteen luokkaan:
 - A. Kohteisiin joissa akkujärjestelmä on sijoitettu rakennukseen, jossa asuu tai työskentelee ihmisiä. Esimerkkejä ovat kerrostalon tekninen tila tai ostoskeskuksen parkkihalli. Akkukontti on mahdollista sijoittaa rakennukseen.
 - B. Erillissijoitettuihin akkujärjestelmiin, kuten kontteihin tai erillisiin rakennuksiin sijoitettuihin akkuihin.



5. Akkujen vaarat ja vaaroilta suojautuminen lopputuotteissa *g a i a*

Sähkön varastointi – Vaaramekanismit ja riskienhallinta

- Sähkövarastoissa tärkeimpiä vaaramekanismeja ovat lämpökarkaaminen sekä sähköisku, jonka voi saada etenkin kun akku kytketään irti verkosta, huoltotoimenpiteiden yhteydessä tai mikäli ei- auktorisoitu henkilö koskee akkuun tai siihen liitettyihin muihin laitteistoihin.
- Akkujen riskejä voidaan hallita useilla eri keinoilla:
 - Turvallisen akkujärjestelmän suunnittelu ja hankinta luotettavalta toimittajalta, joka huomioi kohteen vaatimat turvajärjestelyt
 - Akun sijoittaminen oikein suunniteltuun tilaan sekä mm. suojaetäisyyksien ja paloturvallisuusmääräysten noudattaminen
 - Riittävä ohjeistus ja koulutus asennuksessa, käyttöönotossa, käytössä, akuston alasajossa, poikkeama- ja hätätapauksissa
 - Riittävät tekniset turvajärjestelyt (mm. ilmastointi, tarvittaessa vesikiertoinen akun jäähdytys, BMS, ohjaus, valvonta ja hälytysjärjestelyt)
 - Riittävät sammutusjärjestelyt, kaasujen poisohjaaminen sekä evakuointisuunnitelma
 - Akkujen selkeästä merkinnästä huolehtiminen sekä yhteistyö pelastuslaitoksen kanssa
- Mahdolliset järjestelmän vikatilanteet, joihin on hyvä varautua:
 1. Lämpökarkaaminen kennossa, sen leviäminen ja hallintaan saaminen; sammuttaminen
 2. Akunhallintajärjestelmän (BMS) vikaantuminen tai pettäminen
 3. Ilmastointijärjestelmän vikaantuminen tai pettäminen
 4. Jännitepiikki primäärissä sähkönsyötössä tai oikosulku akkuvaraston kuormituspuolella.
 5. Savunhavaitsemis-, palonsammutus- tai kaasuilmajärjestelmän toiminnan pettäminen.

5. Akkujen vaarat ja vaaroilta suojautuminen lopputuotteissa *g a i a*



Sähkön varastointi – Turvallisuuden sääntely (1/2)

- Sähkövarastojen turvallisuusvaatimukset ovat erityisesti USA:ssa jo varsin kehittyneitä, muualla niitä vasta kehitetään:
 - NFPA: Fire Code, Building Code, 855-X ” Standard for the Installation of Stationary Energy Storage Systems”
 - NECA 416-17 – Recommended Practice for Installing Stored Energy Systems
 - IEEE: National Safety Code; □ 1653-2012 – Guide for Ventilation and Thermal Management of Batteries for Stationary Applications, IEEE P1578 Recommended Practice for Stationary Battery Electrolyte Spill Containment; P1697.1 Guide for the Characterization and Evaluation of Lithium-Based Batteries in Stationary Applications
 - UL 9540: Safety of ES Systems and Equipment; UL 1973 Batteries for Use in LER and Stationary Applications; UL 1974 – Evaluation of Batteries for Repurposing
 - New Yorkin pelastuslaitos on antanut kansallisiin säädöksiin nojaavaan viranomaisohjeen sähkövarastojen turvallisuudesta.
- Euroopassa sähkövarastoa ei ole määritelty käsitteenä sähkömarkkinadirektiivissä (eikä sähkömarkkinalaissa Suomessa), eikä Euroopassa ole kattavaa sähkövarastoinnin sääntelyä
 - Turvallisuus perustuu pääasiassa olemassa oleviin standardeihin: esim. Saksalainen TÜV testaa energiavarastoja YK:n kuljetusmääräyksiä ja standardeja IEC 62619 (Safety requirements for secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes as well as secondary lithium cells and batteries ja EN 50272-2 (Safety requirements for secondary batteries and battery installations) vasten.
- Koska sähkövarastoihin liittyviä säädöksiä ja ohjeita ei vielä paikallisesti ole on suositeltavaa että hankkeiden suunnittelussa ja toteuttamisessa oma-aloitteisesti noudatetaan korkeita turvallisuusstandardeja sekä rakennetaan turvallisuutta varmistavia käytäntöjä sekä toimintakulttuuria.

5. Akkujen vaarat ja vaaroilta suojautuminen lopputuotteissa *g a i a*



Sähkön varastointi – Turvallisuuden sääntely (2/2)

- Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta (848/2017), on keskeinen laki jota tulee noudattaa uutta rakennusta rakennettaessa, kun siihen sijoitetaan sähkövarasto.
- Akustoja saatetaan sijoittaa rakennuksiin jo rakennusvaiheessa. Uudisrakennusta valvovan rakennusvalvontaviranomaisen tulee olla tietoinen sähkövaraston sijoittamisesta rakennukseen.
- Pelastuslain 9§ edellyttää että rakennuksen omistaja, haltija ja toiminnanharjoittaja huolehtii siitä että:
 - 1) tulipalon syttymisen, tahallisen sytyttämisen sekä leviämisen vaara on vähäinen
 - 2) rakennuksessa olevat henkilöt pystyvät tulipalossa tai muussa äkillisessä vaaratilanteessa poistumaan rakennuksesta tai heidät voidaan pelastaa muulla tavoin
 - 3) pelastustoiminta on tulipalon tai muun onnettomuuden sattuessa mahdollista
 - 4) pelastushenkilöstön turvallisuus on otettu huomioon
 - 5) Helposti syttyvää materiaalia tai muuta tavaraa ei saa säilyttää ullakolla, kellarissa, rakennuksen alla tai sen välittömässä läheisyydessä niin, että siitä aiheutuu tulipalon syttymisen tai leviämisen vaaraa tai että tulipalon sammuttaminen vaikeutuu
- Tämän voidaan tulkita koskevan myös sähkövarastoja ja laajemmin litium-ioniakkuja
- Tuotevastuulaki (1990/694): Jos tavarasta aiheutuu vahinkoa muulle omaisuudelle kuin myydylle tavaralle, tuottaja on kuluttajansuojalain mukaan vastuussa vahingosta, jos vahingoittuneella tavaralla on välitön käyttöyhteys myytyyn tavarahan

5. Akkujen vaarat ja vaaroilta suojautuminen lopputuotteissa *g a i a*

Sähkön varastointi - Suosituksia

- Alla on listattu asioita jotka tulisi huomioida sähkövaraston suunnitteluvaiheessa.

Suunnittelu

1. Miten akusto tulisi rakentaa (erilliset akustot, akkujen fyysinen erottaminen toisistaan, sijoitetaanko ne telineisiin (racks) vai ei, millaisia ovat paloturvallisuusjärjestelyt, tarvitaanko esimerkiksi vesikiertoinen jäähdytys akussa, miten huolehditaan kaasujen poistosta jne.)?
2. Millaista testausta akusto tarvitsee ennen käyttöönottamista?
3. Miten juuri tämä akkukemia reagoi palotilanteessa?
4. Miten pelastusviranomaiset pystyvät sammuttamaan akkupalon?
5. Miten pelastuslaitoksen tulisi käsitellä vahingoittunutta akkua, joka on edelleen jännitteinen?
6. Onko pelastusviranomainen mukana suunnitteluprosessissa?
7. Millaisia riskejä syntyy pelastuspalvelulle tai sivullisille henkilöille mikäli vaaratilanne toteutuu (myrkylliset kaasut, palo,räjähdys, sähköisku)? Miten riskejä voidaan minimoida?

5. Akkujen vaarat ja vaaroilta suojautuminen lopputuotteissa *g a i a*

Sähkön varastointi - Suosituksia

Akun sijoittaminen - suosituksia

Yleistä:

- Syttyviä materiaaleja ei saisi olla metriä lähempänä akustosta.
- Erillisten akkujärjestelmien välillä tulisi olla noin metrin turvaväli mikäli paloviranomaisten kanssa ei ole muusta sovittu.
- Akut voivat olla avoimissa telineissä mikäli akkutila on suljettu ja sinne on pääsy vain auktorisoiduilla henkilöillä.
- Tilan tulisi olla ilmastoitu jotta tilan lämpötila pysyy akkuvalmistajan antamissa ohjearvoissa ja jotta akuston tuottama lämpö voidaan ohjata akusta tehokkaasti pois. Vaativissa olosuhteissa tai kriittisissä kohteissa vesikiertoinen jäähdytys voi olla hyvä ratkaisu. Kuumuuden lähteitä ei saisi olla akun lähellä (suora auringonpaiste, lämmitysjärjestelmä, muu lämmönlähde).
- Akkutilaan pääsy ulkopuolisilta tulee estää (lukittu riittävän korkea aita ulkona olevan kontin ympärillä, lukittu tila johon vain auktorisoiduilla henkilöillä on pääsy tai lukittu palosuojattu kaappi muissa tiloissa).

A. Akusto sijaitsee rakennuksessa, jossa asuu tai työskentelee ihmisiä (esim. kauppakeskus, toimistorakennus tai muu asuttu tila):

- Tilan on sovellettava akuston sijoittamiselle. Asutussa rakennuksessa akkujen tulisi sijaita suljetussa tilassa tai palosuojatussa, lukittavassa kaapissa. Lattian kantavuuden tulee olla riittävä.
- Akusto tulee sijoittaa palo-osastoituun tilaan, jolla on vähintään 2 tunnin palonkesto.
- Akkutilan oltava korkeudella, minne pelastuslaitoksen kalusto ylettyy ja sen tulisi sijaita siten että palokaasut on mahdollista ohjata ulos tehokkaasti (ei liian syvällä maan alla asutuissa kohteissa).

B. Erillissijoitettu akusto eli kontti tai erillinen rakennus johon akusto on sijoitettu (ei sijaitse asutussa kohteessa tai kohteessa jossa työskentelee ihmisiä):

- Mikäli akusto/akkujärjestelmä sijaitsee erillisessä kontissa on huolehdittava siitä, että kontin ympäristöstä on raivattu palava kasvillisuus ja palokuormat vähintään kolmen metrin alueelta sekä, että talviset lumiesteet on poistettu, jotta pelastuslaitoksella on esteetön pääsy kohteeseen.
- Akut on suojattava ajoneuvojen törmäyksiltä (esim. parkkihallissa). Akku on suojattava pölyltä.

5. Akkujen vaarat ja vaaroilta suojautuminen lopputuotteissa *g a i a*



Sähkön varastointi - Suosituksia

- Litium-ioniakuissa on yleensä akunhallinta- ja ohjausjärjestelmä. Sähkönvarastojen suunnittelussa on tärkeää varmistaa että turvallisuusjärjestelyt ovat riittäviä. Turvallisuusjärjestelyt riippuvat siitä missä tilassa akku sijaitsee, sen koosta ja teknisestä toteutuksesta sekä mahdollisista paikallisista määräyksistä joita tulee noudattaa. Vielä ei ole olemassa yhtenäistä näkemystä siitä millaiset ovat parhaat turvallisuusjärjestelyt. Käytännöt ovat vasta muotoutumassa ja tekniikka kehittyy jatkuvasti.

Turvallisuusjärjestelmät - suosituksia

- Akkujärjestelmässä tulee olla asianmukainen akunhallinta- ja ohjausjärjestelmä (Battery Management System).
 - Suuremmissa akuissa tulisi olla etävalvontajärjestelmä, jonka kautta saadaan jatkuvasti tietoa akun tilasta. Hyvässä ohjausjärjestelmässä on hälytykset, jotka aktivoituvat mikäli asetetuista raja-arvoista syntyy poikkeama (yli- tai alijännite, oikosulku, lämpötilapoikkeama, kaasupäästö).
 - Riittävät toimintaohjeet eri osapuolille mikäli akun ohje-arvoissa on poikkeama. Esimerkiksi alasajo-ohjeistus ja paloviranomaisten informointi voivat olla sellaisia toimenpiteitä.
 - Asianmukaiset turvallisuus ja pelastussuunnitelmat sekä toimintaohjeet, jotka on laadittu yhdessä pelastuslaitoksen kanssa tai ovat pelastuslaitoksen tarkastamat. Pelastussuunnitelman tulee olla keskeisten henkilöiden tiedossa ja keskeiset henkilöt tulee kouluttaa niiden noudattamiseen.
- Akkujärjestelmän tulee olla asianmukaisesti merkitty (akun tyyppi sekä jännitteisyys, yhteystiedot hätätilanteissa).
 - Selkeät alasajo- ja irtikytkentäohjeet pitäisi olla asianmukaisesti nähtävillä akkutilan yhteydessä niin että vikaantumisen tai palon tapahtuessa paikalletulijat tietävät miten tulee toimia ja minne/keneen tulee olla yhteydessä.
 - Puhelinnumero minne voi soittaa 24/7, mikäli havaitaan vika tai vaaratilanne.
- Soveltuva sammutusjärjestelmä, joka voi olla vesi sprinklerijärjestelmä, jolla akkua voidaan jäähdyttää ja /tai jalokaasupohjainen sammutusjärjestelmä (esimerkiksi Argon kaasua käytetään tällaiseen tarkoitukseen suljetuissa erityistiloissa). Kaasupohjaisen järjestelmän etuna on, että vältetään vahingoittamasta vedellä muita ohjaus- ja sähkölaitteita. Se ei kuitenkaan ole erityisen tehokas lämpökarkaamistilanteessa koska se ei viilennä akkua. Kaasupohjaisen järjestelmän käyttö suljetussa tilassa saattaa johtaa myös palamattomien palokaasujen kertymiseen tilaan, mikä voi aiheuttaa räjähdysvaaran.
 - Palokaasujen erillinen poisohjausjärjestelmä on suositeltava.

5. Akkujen vaarat ja vaaroilta suojautuminen lopputuotteissa *g a i a*



Sähkön varastointi - Suosituksia

Huoltaminen - suosituksia

- Akkujärjestelmällä tulee olla huoltosuunnitelma.
- Huolto-ohjeita tulee noudattaa tarkasti. Huollossa tulee noudattaa ensisijaisesti akun valmistajan ohjeita. Huolto-ohjeissa tulee olla ohjeita kaikille akkujärjestelmään kuuluville kriittisille osille: akku, BMS, mahdollinen ilmastointijärjestelmä, mahdolliset palontorjunta- ja hälytysjärjestelmät.
- Huoltoa saa tehdä vain akkujen huoltoon ja sähkötöihin koulutettu henkilö.
- On suositeltavaa sopia akkuvalmistajan kanssa akun huoltamisesta mikäli itse akku tai akun osat kaipaavat huoltoa.
- Sähkövarastojen osalta tulee huolehtia siitä että akku on asianmukaisesti irtikytketty verkosta eikä ole jännitteisessä tilassa ennen huoltotoimien aloittamista. Etenkin irtikytkentä- ja alasajo- ohjeita on seurattava tarkasti, jotta sähköiskun vaara sekä akun ja muiden oheislaitteiden vahingoittumisriski voidaan minimoida.



Ajoneuvot

5. Akkujen vaarat ja vaaroilta suojautuminen lopputuotteissa *g a i a*

Sähköajoneuvot - Yleistä

- Sähköajoneuvojen lukumäärä kasvaa voimakkaasti. Ajoneuvoja ladataan mm. kotitalouksissa, ostoskeskusten parkkihalleissa sekä kadunvarsilla.
- Sähköajoneuvoille löytyy kattavia turvallisuusstandardeja. Tieliikenteessä käytettävien ajoneuvojen vaatimusten sääntelyn keskeiset lähtökohdat ovat EU:ssa direktiivit, erityisesti ajoneuvojen puitedirektiivi ja kansallisella tasolla Suomen ajoneuvolaki, asetus ajoneuvojen rakenteesta sekä asetus hyväksymisestä.
- Standardeja sekä ajoneuvon valmistajan ohjeita noudattamalla ajoneuvojen käyttö on turvallista.
- Tässä oppaassa ei käydä läpi sähköautoihin liittyviä suosituksia yksityiskohtaisesti. Alan kattaviin standardeihin perehtymällä ja niitä noudattamalla varmistetaan ajoneuvojen ja akkujen turvallinen käyttö. Seuraavilla sivuilla on katsaus alan standardeihin.



5. Akkujen vaarat ja vaaroilta suojautuminen lopputuotteissa *g a i a*

Ajoneuvojen ajovoima-akut - Turvallisuuden sääntely

- Tieliikenteessä käytettävien ajoneuvojen vaatimusten sääntelyn keskeiset lähtökohdat ovat EU:ssa direktiivit, erityisesti ajoneuvojen puitedirektiivi ja kansallisella tasolla Suomen ajoneuvolaki, asetus ajoneuvojen rakenteesta sekä asetus hyväksymisestä
- Lisäksi direktiivein säädellään mm. EMC-yhteensopivuutta, sähköturvallisuutta, materiaaleja, jätetuottoa ja päästöjä
 - Akkujen sähkökemialliselle turvallisuudelle ei ole olemassa erillistä direktiiviä
- Direktiivien ja asetusten lisäksi keskeinen säätelijä ovat UNECE:N Geneven sopimus 1958 (E-säännöt) sekä UNECE:n 1998 globaalisopimus (Global Technical Regulation; GTR-säännöt)
 - 131 UNECE E-sääntöä ajoneuvoista ja niiden komponenteista
 - 13 globaalisopimuksen alaista GTR-sääntöä
- E-sääntö 100.02 (2013) antaa määräyksiä akkutarvallisuudesta sähköturvallisuusmielessä
- Käynnissä olevan Electric Vehicle safety -työryhmän tehtävänä on tuottaa GTR-sääntö sähköautojen turvallisuudesta. Keskeiset teemat ovat:
 - Toiminnallinen turvallisuus ja merkinnät
 - Akkutarvallisuus ja alhaisen latauksen varoitus
 - Altistuminen vedelle, tärinälle, korkeille lämpötiloille
 - Post-crash: sähköiskut ja akun eheys
 - Sähköiskujen välttäminen
 - BMS:n toiminta auto- ja akkupakettitasolla, lämpökarkaamisen eteneminen

5. Akkujen vaarat ja vaaroilta suojautuminen lopputuotteissa *g a i a*

Ajoneuvojen ajovoima-akut - Turvallisuuden sääntely

- Suurin osa standardeista on johdettu konventionaalisten ajoneuvojen sääntelystä. Alla on esitelty eräitä sähköautojen akkujen kannalta relevantteja turvallisuusstandardeja.

ISO-standardeja

- SFS-EN 50604-2:2016 : Secondary lithium batteries for light EV (electric vehicle) applications - Part 1: General safety requirements and test methods
- SFS-EN 62660-3:2016:en; Secondary lithium-ion cells for the propulsion of electric road vehicles - Part 3: Safety requirements
- ISO 12405-3:2014 Electrically propelled road vehicles -- Test specification for lithium-ion traction battery packs and systems -- Part 3: Safety performance requirements
- ISO 12405-4:2018; Electrically propelled road vehicles --Test specification for lithium-ion traction battery packs and systems -- Part 4: Performance testing
- ISO 6469-4: Electrically propelled road vehicles – Safety Specifications – Part 4: Post Crash Electrical Safety

SAE-standardeja:

- SAE J2288: Battery Life Cycle testing
- SAE J2929: Electric and Hybrid Vehicle Propulsion Battery System Safety Standard
- SAE J2344: Guidelines for Electric Vehicle Safety
- SAE J1797: Recommended Practice for Packaging of Electric Vehicle Battery Modules
- SAE J 2464: Electric and Hybrid Electric Vehicle Rechargeable Energy Storage System Safety and Abuse Testing

Muita:

- IEC 62660
- UL 2580: Batteries for Use in Electric Vehicles

5. Akkujen vaarat ja vaaroilta suojautuminen lopputuotteissa *g a i a*

Muu liikenne, eräitä standardeja

- ISO 18243:2017; Electrically propelled mopeds and motorcycles -- Test specifications and safety requirements for lithium-ion battery systems
- ASTM F3353-19; Standard Guide for Shipboard Use of Lithium-Ion (Li-ion) Batteries
- UL 1973: Batteries for Use in Light Electric Rail (LER) Applications and Stationary Applications.
- UL 2054: Household and Commercial Batteries.
- UL 2271: Batteries for Use in Light Electric Vehicle Applications.
- UL 2272: Electrical Systems for Self-Balancing Scooters.
- UL 1642: Lithium Batteries.

- Akkuperusteinen ajoneuvoturvallisuus määrittyy varsin pitkälle tässä kuvattujen standardien pohjalta, jotka myös kehittyvät jatkuvasti tutkimuksen edetessä.
- Täten ajoneuvojen osalta ei ole tarpeen kuvata sellaisia suosituksia ja hyviä käytäntöjä kuin mitä sähkövarastojen osalta on kuvattu.



Liikkuvat koneet ja laitteet

5. Akkujen vaarat ja vaaroilta suojautuminen lopputuotteissa *g a i a*

Liikkuvat laitteet ja koneet - Yleistä

- Yhä useammassa laitteessa käytetään litium-ioniakkuja ja akkujen määrät ovat nopeasti kasvamassa. Joitakin käyttökohteita ovat mm. trukit, traktorit, painelaitteet, nosturit, hissit ja erilaiset automaattikuljettimet, joita käytetään tuotantoprosesseissa tai logistiikassa.
- Liikkuvan laitteen turvallisuutta on tarkasteltava kokonaisuutena ottaen huomioon akku, laitteen käyttötarkoitus, tila jossa laitetta käytetään, akun tekniset ominaisuudet sekä turvallisuusjärjestelmät.
- Lisäksi on tärkeää tunnistaa etenkin laitteiden korjaamiseen ja asennukseen liittyvät riskit sekä tavat hallita näitä riskejä.
- Liikkuville laitteille löytyy turvallisuusstandardeja konedirektiivistä. Koneturvallisuuteen liittyviä erityissäädöksiä on lisäksi mm. hisseille, painelaitteille, maataloustraktoreille, sähkömagneettiselle yhteensopivuudelle ja räjähdysvaarallisille tiloille.



5. Akkujen vaarat ja vaaroilta suojautuminen lopputuotteissa *g a i a*



Liikkuvat laitteet ja koneet – Vaaramekanismit ja riskienhallinta

- Liikkuvissa laitteissa tärkeimpiä akkuihin liittyviä vaaramekanismeja ovat lämpökarkaaminen sekä sähköisku, jonka voi saada etenkin huoltotoimenpiteiden yhteydessä tai mikäli ei- auktorisoitu henkilö koskee akkuun tai siihen liitettyihin muihin laitteistoihin.
- Litium-ioniakkuihin liittyvät riskit realisoituvat yleensä vain mikäli akku on vahingoittunut tai vahingoittuu käytössä tai mikäli akkuja käsitellään tai asennetaan väärin. Liikkuvat laitteet on suunniteltu tietynlaista käyttöä varten ja akut on suunniteltu kestäämään normaaliolosuhteet. Vaaratilanteiden todennäköisyys kasvaa mikäli laitteita käytetään hyvin poikkeavissa olosuhteissa, joissa akku voi vahingoittua.
- Kokoonpanossa vaaratilanteet ovat mahdollisia erityisesti, jos käytössä oleva akku on vääränlainen, väärän kokoinen tai laadultaan heikko, tai mikäli akun asennuksessa tehdään virheitä.
- Erityisesti akkuun liittyviin sähkötöihin tulee kiinnittää huomiota; väärin tehdyt kytkennät ja erilaiset oikosulut altistavat kokoonpanotilanteessa sähköiskuille ja myöhemmin akun lämpökarkaamiselle, jos virhettä ei havaita.
- Akun ja laitteen valmistajalla tulee olla hyvä käsitys vaadituista turvallisuusnäkökohdista ja valmistajan tulee huolehtia riittävästä tuotetestauksesta. Akun käyttöolosuhteet tulee tuntea jotta valitaan käyttöolosuhteisiin soveltuva laite, akku sekä mahdollinen turvajärjestelmä. Joissain tilanteissa laitetta on muokattava olosuhteisiin sopivaksi (esimerkiksi kylmätilassa käytettävät laitteet voivat vaatia akun lämmitysjärjestelmän ja muitakin muutoksia mikäli laitetta halutaan ladata kylmätilassa).
- Noudattamalla tuotteen valmistaja käyttöohjeita huomioidaan turvallisuusnäkökohdat todennäköisesti riittävällä tasolla liikkuvien laitteiden ja koneiden osalta.
- Laitetta käyttävän asiakkaan ohjeistamisesta tulee lisäksi huolehtia riittävällä tasolla. Erityisen tärkeää on huolehtia asennusohjeista, käyttöopastuksesta sekä huolto-ohjeistuksesta.

5. Akkujen vaarat ja vaaroilta suojautuminen lopputuotteissa *g a i a*

Liikkuvat laitteet ja koneet – Turvallisuuden sääntely

- Nykyisten koneturvallisuuden standardien lähtökohtana on EU:n konedirektiivi 2006/42/EY (ja koneasetus), joka harmonisoi EU/ETA alueella ensimmäistä kertaa markkinoille saatettavia tai käyttöön otettavia koneita koskevat säädökset.
- Konedirektiivi 2006/42/EY on saatettu Suomessa voimaan valtioneuvoston asetuksella koneiden turvallisuudesta 400/2008.
- Konedirektiivi edellyttää turvallisuussuunnittelua.
- Konedirektiivi on uuden lähestymistavan mukainen. Sen harmonisoituja standardeja on kolmea tyyppiä:
 - A-tyyppin standardit määrittelevät turvallisuuden perusfilosofian
 - B-tyyppin standardit käsittelevät suunnittelijoiden tarvitsemaa horisontaalista perustietoa
 - C-tyyppin standardit sisältävät yksityiskohtaisia yksittäisten koneiden tai koneryhmien turvallisuusvaatimuksia
- Erityisiä harmonisoituja C-tyyppin Li-akkuturvallisuusstandardeja ei toistaiseksi ole, joten akkuturvallisuus on toteutettava A- ja B-tyyppien standardien, muiden ISO-standardien tai muiden standardien avulla tai muuten
- Koneturvallisuuteen liittyviä erityissäädöksiä on lisäksi mm. hisseille, painelaitteille, maataloustraktoreille, sähkömagneettiselle yhteensopivuudelle ja räjähdysvaarallisille tiloille
- Koneturvallisuuden standardien lähtökohta on *SFS-EN ISO 12100 Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen.*

5. Akkujen vaarat ja vaaroilta suojautuminen lopputuotteissa

Liikkuvat laitteet ja koneet - Suosituksia



- Koneen hyvä suunnittelu luo lähtökohdat sen turvalliselle käytölle ja elinkaarelle.

Suunnittelu- suosituksia

- Laitteen valmistajalla tulee olla hyvä käsitys vaadituista turvallisuusnäkökohdista, akkujen mukanaan tuomista vaaroista sekä vaaratilanteisiin varautumisesta.
- Alan standardeihin tulisi perehtyä ja noudattaa niissä annettuja ohjeita sekä testausmenetelmiä.
- Akun käyttöolosuhteet tulee tuntea jotta suunnitellaan käyttöolosuhteisiin soveltuva laite, akku sekä mahdollinen turvajärjestelmä (esim. akun lämmitysjärjestelmä voi olla sellainen). Joissain tilanteissa laitetta on muokattava olosuhteisiin sopivaksi (esimerkiksi. kylmätilassa käytettävät laitteet, joiden akkua voidaan lämmittää).
- Myös kokoonpanon ja asentamisen suunnittelussa on huomioitava turvallisuusnäkökohdat. Vaaratilanteita voi syntyä mikäli laitteeseen on mahdollista asentaa vääränlainen akku tai mikäli akku asennetaan laitteeseen virheellisesti. Suositeltavaa on että laitteen valmistaja asentaa akun laitteeseen.
- Suunnitteluvaiheessa on huolehdittava siitä, että käyttöohjeet ovat selkeät ja siitä että asiakkaille annetaan riittävä opastus laitteen turvalliseen käyttöön valituissa käyttöolosuhteissa.

5. Akkujen vaarat ja vaaroilta suojautuminen lopputuotteissa *g a i a*

Liikkuvat laitteet ja koneet - Suosituksia

- Vaaratilanne voi syntyä etenkin tilanteissa joissa asentaja ei seuraa valmistajan asennusohjeita tai asentaa vääränlaisen akun tuotteeseen. Akun asentamisessa laitteeseen voi syntyä vaaratilanteita, etenkin mikäli asentaja ei ole kokenut li-akkujen asentaja tai mikäli asiakas on hankkinut asennettavan akun laitteeseen itse ja vaihtaa akun uuteen omatoimisesti.

Kokoonpano ja asennus - suosituksia

- Suunnittelussa on harkittava voidaanko kolmannen osapuolen akkujen asentaminen sallia ja millä perustein.
- Kokoonpanossa on noudatettava laitteen valmistajan ohjeita tarkasti.
- Akun asentamisessa on seurattava laitteen sekä akun valmistajan ohjeistusta. Vaaratilanteita voi syntyä mikäli laitteeseen hankitaan vääränlainen akku tai mikäli se asennetaan laitteeseen virheellisesti.
- Akkuja asennettaessa liikkuviin laitteisiin on suositeltava että asennukset tekee laitteen valmistaja, joka on testannut akun sopivuuden voimassaolevien standardien mukaisesti sekä varmistanut että kyseinen akku sopii laitteeseen.

5. Akkujen vaarat ja vaaroilta suojautuminen lopputuotteissa *g a i a*



Liikkuvat laitteet ja koneet - Suosituksia

- Vaaratilanne voi syntyä etenkin mikäli laitteita käytetään olosuhteissa joihin niitä ei ole suunniteltu tai niiden ohjeiden vastaisessa käytössä (esimerkiksi kylmässä lataaminen). Laitteiden vahingoittuminen joka johtaa akun vahingoittumiseen lisää lämpökarkaamisreaktion riskiä.

Käyttäminen - suosituksia

- Laitteissa tulee olla käyttöohje jolla katetaan myös akkaturvallisuus.
- Käyttöohjeessa tulee huomioida akun vaatimukset normaalikäytössä ja lataamisessa. Käytössä ja lataamisessa tulee noudattaa valmistajan ohjeita.
- Sallitut käyttö- ja latausolosuhteet tulee määritellä, jotta esimerkiksi liian kylmiä akkuja ei yritetä ladata. Kylmien tilojen laitteiden osalta on tiedettävä soveltuuko laitteen akku kylmiin tiloihin ja voidaanko sitä ladata kylmissä tiloissa. Esimerkiksi kylmätiloissa käytettävät trukit tulee suunnitella kylmäkäyttöön, jolloin niitä voidaan myös ladata kylmässä (näin vältetään kondensaatio-ongelmalta, joka syntyy mikäli trukki jatkuvasti liikkuu lämpimän ja kylmän tilan välillä, kondensaatio voi johtaa jään kertymiseen rakenteisiin).
- Akun fyysinen vahingoittuminen voi tapahtua esimerkiksi törmäyksen yhteydessä jolloin riski lämpökarkaamiselle kasvaa - myös toiminta onnettomuustilanteissa tulisi ohjeistaa.
- Käytön on tapahduttava käyttöohjeen mukaisissa olosuhteissa.
- Käytössä on tärkeää huolehtia ettei akku tai laite pääse vahingoittumaan tai ylikuumenemaan.
- Ylikuumeneminen voi tapahtua esimerkiksi suoraan auringonpaisteeseen tai lämmönlähteen lähelle jätettäessä.

5. Akkujen vaarat ja vaaroilta suojautuminen lopputuotteissa *g a i a*



Liikkuvat laitteet ja koneet - Suosituksia

Vaaratilanteita voi syntyä etenkin mikäli huollon yhteydessä ei noudateta valmistajan huolto-ohjeita tai huollettaessa valmiiksi vahingoittunutta tai jännitteistä akkua.

Huoltaminen - suosituksia

- Akuilla tulee olla huoltosuunnitelma.
- Huolto-ohjeita tulee noudattaa tarkasti. Huollossa tulee noudattaa akun valmistajan ohjeita. Huolto-ohjeissa tulee olla ohjeita kaikille akkujärjestelmään kuuluville kriittisille osille (akku, BMS, turvajärjestelmät ym.).
- On suositeltavaa sopia akkuvalmistajan kanssa akun huoltamisesta mikäli itse akku tai akun osat kaipaavat huoltoa.
- Huoltoa toteuttavan henkilön tulee olla tietoinen siitä että laitteessa oleva akku on Li-akku.
- Mikäli järjestelmässä esiintyy korkeita jännitteitä, huoltoa saa tehdä vain akkujen huoltoon ja sähkötöihin koulutettu henkilö. Liikkuvien laitteiden tai ajoneuvojen akkujen osalta ei yleensä ole tarkoituksenmukaista, että laitteen käyttäjä pääsee käsittelemään akkua ja suorittaa huoltotoimenpiteitä omatoimisesti.

Yhteenveto

6. Yhteenveto

Lähtökohdat

- Litium-ioniakut ovat nopeasti yleistymässä. Akkujen käyttökohteita ovat mm. ajoneuvot ja erilaiset liikkuvat työkoneet sekä sähkövarastot erilaisissa kohteissa. Sähkövarastoja on laivoissa, kauppakeskuksissa, toimitiloissa ja voidaan ennakoida että niitä tulee jossain vaiheessa myös asuinkiinteistöjen yhteyteen esimerkiksi osana aurinkosähköjärjestelmiä.
- Akkujen lukumäärän lisäksi niiden koot ja niiden sisältämät energiamäärät ovat kasvussa. Siksi akkuihin liittyvien riskien tunnistaminen, ennaltaehkäisy sekä oikeiden toimintatapojen noudattaminen akkuvahinkojen ja vaaratilanteiden sattuessa on entistä tärkeämpää yhä laajemmalle kohderyhmälle.
- Suuremmista energiamääristään huolimatta isot teollisuusakuiksi luokiteltavat Li-akut ovat riskeiltään varsin pieniä, mikäli niihin liittyvät turvallisuustekijät on asianmukaisesti huomioitu. Teollisuudessa vaaroille altistavat akkujen suuri määrä, niiden suuri koko (ja kapasiteetti) sekä niiden teollinen käsittely. Toisaalta teollisuudessa riskitietoisuus on lähtökohtaisesti paremmalla tasolla ja riskien hallintakeinot ammattimaisempia kuin muussa akkujen käytössä.

6. Yhteenveto

Litium-ioniakkuihin liittyvät vaarat ja riskit

- Litium-ioniakkuihin liittyviä vaaroja ovat tulipalovaarat, kemialliset vaarat, räjähdykset ja sähköisku.
- Tulipalovaara on litium-ioniakkujen merkittävin vaara. Litium-ioniakkujen tulipalovaaraan liittyy suhteellisen suuren energiatiheyden lisäksi se, että niissä käytetty elektrolyytti ("akkuneste") on herkästi syttyvää palavaa nestettä sekä että akkupalon sammuttaminen on vaikeaa lämpökarkaamisilmiöstä johtuen. Litium-ioniakun aiheuttama kiivas palo tekee akusta merkittävän muun palokuorman syttymälähteen, vaikka akun itsensä palokuorma ei olisikaan suuri.
- Tulipalossa syntyy vaarallisia savukaasuja, jotka voivat isojen akustojen ollessa kyseessä levitä kymmenien-satojen metrien päähän tuulen alapuolelle ja aiheuttaa vaaraa.
- Sähkövarastojen osalta akkujen käsittelyyn liittyy lisäksi sähköiskuvaara etenkin akun irtikytkentätilanteissa tai akkupaloja sammutettaessa, mikäli niitä käsitellään jännitteisinä.
- Litium-ioniakkujen osalta on erityisen tärkeää huolehtia siitä että niiden käytössä noudatetaan annettuja ohjeita – ohjeita noudattamalla Li-akkujen käyttö on hyvin harvoja poikkeuksia lukuunottamatta turvallista.
- Turvallisuusjohtamisen näkökulmasta litium-ioniakkujen määrän kasvulla on vaikutusta ainakin työturvallisuuteen, rakennus- ja kiinteistöturvallisuuteen sekä prosessiturvallisuuteen.

6. Yhteenveto

Litium-ioniakkuihin liittyvä sääntely

- Teollisen kenno- ja akkuvalmistuksen turvallisuutta määrittelevät pääasiassa tuotannon ympäristö- ja turvallisuusvaikutukset. REACH -asetus koskee myös akkuja.
- Uusien akkujen ja kennojen tuoteturvallisuutta määrittelevät suurelta osin kuljetusmääräykset, joissa määritellyt testit ovat varsin kattavia. Keskeisiä ovat YK:n testivaatimukset ja niihin nojaavat standardit. Kuljetusmääräyksiä kannattaa seurata koska niitä kehitetään jatkuvasti.
- Käytettyjen ja viallisten akkujen turvallisuutta ei juurikaan arvioida standardeissa, ja kuljetusmääräyksissä joko vain kielletään kuljetus tai annetaan pakkausmääräyksiä.
- Ajoneuvojen ajovoima-akkujen turvallisuutta säätelevät EU:ssa ajoneuvoihin kohdentuva säätely, johon vastaa joukko standardeja, E-sääntö 100 sekä valmisteilla oleva GTR akkaturvallisuudesta.
- Liikkuvien työkoneiden ja muiden ammattikäyttöön tarkoitettujen koneiden akkaturvallisuus perustuu konedirektiiviin sekä sovellusala- ja teknologiakohtaisiin erityissäädöksiin.
- Sähkövarastojen turvallisuuden sääntely EU:ssa näyttäisi olevan kehittymätöntä verrattuna esim. USA:an, mutta turvallisuusstandardeja kehitellään parhaillaan. Sähkövarastojen toteutustavat voivat olla hyvin erilaisia jolloin yksityiskohtaisia ohjeita ei kaikille käyttötapauksille ole mahdollista laatia vaan sovelluskohteita on tarkasteltava kokonaisuutena, joissa huomioidaan akun sijoittaminen, akun tekninen toteutus, turvallisuusjärjestelmät sekä pelastussuunnitelma. Akkujen sijoittamisessa keskeisiä ovat mm. rakennusmääräykset.

6. Yhteenveto

Turvallisuus eri sektoreilla

- Kenno- ja akkuvalmistus tuottaa suhteellisen turvallisia lopputuotteita; spontaanin palon todennäköisyys on varsin pieni.
- Kuljetusmääräyksiin liittyvät testit ovat varsin vaativia ja edellyttävät kenno- ja akkuvalmistukselta paljon.
- Akkujen kuljettaminen lentorahtina on jossain määrin ongelmallista; käytettyjä akkuja tai prototyyppejä ei käytännössä voida kuljettaa.
- Pintakuljetuksissa on vähemmän vaatimuksia ja myös käytettyjen tai prototyyppiakkujen kuljettaminen on mahdollista.
- Sovellusaloilla akkuturvallisuus huomioidaan sovellusalan omista lähtökohdista.
- Eräillä aloilla on omia standardeja
- Akun riskit on tunnettava ja huomioitava suunnittelussa, valmistuksessa/kokoonpanossa, kuljetuksessa ja loppukäyttäjää on opastettava akkuturvallisuuteen liittyvissä asioissa.

6. Yhteenveto

Vaaroilta suojautuminen teollisessa valmistuksessa ja lopputuotteissa

Teollinen valmistus

- Akkuriskit tuovat mukanaan prosessiriskejä työturvallisuusriskien rinnalle, mikä edellyttää uudenlaista ajattelua yrityksissä.
- Oppaassa on kuvattu akkujen vaaroja teollisen valmistuksen eri vaiheissa alkaen varastoinnista ja päätyn käyttettyjen akkujen kierrätykseen.
- Akkaturvallisuudessa on paljon yhtymäkohtia kemikaaliturvallisuuteen ja sen menettelytapoihin

Lopputuotteet

- Lopputuotteiden turvallisuus rakentuu akun osalta siitä, miten akku huomioidaan tuotteen suunnittelussa, toteutuksessa ja muussa elinkaareessa.
- Kaikilla sovellusaloilla ei ole standardeja siitä miten akkaturvallisuus tulisi huomioida, joten suunnittelijalla tulee olla riittävät tiedot akkujen vaaramekanismeista ja niihin varautumisesta.
- Myös loppukäyttäjää on evästettävä riittävällä määrällä tietoa akuista laitteessa.
- Joidenkin sovellusten osalta on suositeltavaa tehdä yhteistyötä pelastuspalvelun tai rakennustarkastuksen kanssa (esim. suuret sähkövarastot).

Litium-ioniakut ovat turvallisia oikein käytettyinä.



gaia 

The word "gaia" is written in a white, lowercase, serif font. To its right is a stylized sunburst logo consisting of a central black dot with numerous thin white lines radiating outwards, resembling a dandelion seed head.

Innovative Solutions for Sustainability

