



TOIMINTAOHJE SÄHKÖAJONEUVOT PELASTUSTILANTEISSA



Nykytilanne – suositukset – näkökulmat

Michel GENTILLEAU (Ranska)

Ranskalainen pelastaja / Lieutenant-colonel (R)

CTIF:n pelastus- ja uusien teknologioiden komission varapuheenjohtaja

CTIF:n edustaja Euro-NCAP:ssa (European New Car Assessment Programme)

Sisällys

ALKUSANAT	3
JOHDANTO	5
SÄHKÖAJONEUVOJEN TYYPIT	6
PELASTUSKORTIT – PÄÄTÖKSENTEON APUVÄLINE SÄHKÖAJONEUVOPALOIHIN	9
RISKIEH HALLINTA SÄHKÖAJONEUVOJEN TIELIIKENNEONNETTOMUUKSISSA	12
Pelastustoiminnassa käytettävissä olevat turvalaitteet	12
Tieliikennepelastustoiminnan tulevaisuuden näkymät	21
AJONEUVOPALOT: TERMISEN KARKAAMISEN HUOMIOIMINEN	24
Termisen karkaaminen pelastustoiminnan näkökulmasta	25
Suurjänniteakun sammutus ja jäähdytys	27
Ajoneuvovalmistajien ohjeet	28
Akkupalojen sammuttamisen pääteknikat	29
Termisen karkaamisen hallinta pelastustoimen kalustolla	34
Pelastustoimen tulevaisuuden näkymät sähköajoneuvojen kehityksessä	40

TOIMINTAOHJE

SÄHKÖAJONEUVOT PELASTUSTILANTEISSA

Nykytilanne – suositukset - näkökulmat

Alkuperäinen teos:

OPERATIONAL GUIDE

EMERGENCY RESPONSE FOR ELECTRIC VEHICLES

Present situation - recommendations - perspectives

Michel Gentilleau

Suomentanut Joel Kauppinen, Suomen Palopäälystöliitto

Suomennoksen tarkistanut Samuli Piipponen, Helsingin kaupungin pelastuslaitos



SUOMEN PALOPÄÄLYSTÖLIITTO
FINLANDS BRANDBEFÄLSFÖRBUND

ALKUSANAT

Viimeisen vuosikymmenen aikana sähköajoneuvot ovat kehittyneet teknologisesta uutuudesta osaksi jokapäiväistä liikennettä. Ne tuovat mukanaan tärkeitä etuja – vähäisemmät päästöt, hiljaisempi käyttö, suurempi tehokkuus – mutta myös uusia toiminnallisia ja turvallisuuteen liittyviä ongelmia. Yksi vaativimmista ongelmista on turvallisen, tehokkaan ja ammattimaisen sammuttamisen toteuttaminen tilanteissa, joissa on mukana korkeajännitteisiä akkujärjestelmiä.

CTIF*:n pelastus- ja uusien teknologioiden komissio on seurannut jatkuvasti sähköajoneuvojen sammutusmenetelmien kehitystä tavoitteenaan tarjota pelastajille asianmukaiset ohjeet tehokkaaseen sammuttamiseen, mieluiten käyttämällä olemassa olevia tekniikoita ja laitteita, mikä varmistaisi sopivien menetelmien laajan sovellettavuuden.

Tämän julkaisun tarkoituksena on tarjota kattava katsaus sähköajoneuvopalojen sammuttamisessa käytettäviin lähestymistapoihin, tekniikoihin ja taktiikoihin, jotka perustuvat uusimpiin tietoihin akkuteknologiasta, litiumioniakkujen käyttäytymisestä ja termisen karkaamisen erityispiirteistä. Toinen tämän ohjeen tavoite on tarjota toimintaohjeet sähköajoneuvojen kanssa toimimiseen liikenneonnettomuustilanteissa turvallisen pelastustoiminnan varmistamiseen.

Tämä toimintaopas kokoaa yhteen pelastushenkilöstön käytännön kokemuksia, tutkimustuloksia ja johtavien paloturvallisuusasiantuntijoiden suosituksia. Painopisteenä ei ole pelkästään palojen sammuttaminen, vaan myös taktinen päätöksenteko, vaarojen tunnistaminen, laitteiden oikea käyttö sekä pelastushenkilöstön ja ympäristön suojeleminen.

Liikenne sähköistyy nopeasti – usein nopeammin kuin sääntely ja toimintamallit. Tästä syystä tämän kirjan keskeisenä tarkoituksena on tarjota vankka, ajantasainen ja ammattimainen perusta, joka voi toimia oppaana vaativissa ja usein arvaamattomissa tilanteissa. Uskon, että se tarjoaa lukijoille tietoa, mikä tuo varmuutta turvalliseen ja tehokkaaseen työskentelyyn sähköajoneuvojen palojen yhteydessä.

CTIF:n puheenjohtajana haluan ilmaista kiitollisuuteni Michel Gentilleaulle ja hänen kollegoilleen tämän julkaisun tekemisestä. Se noudattaa CTIF:n mission ydintä – tiedonvaihtoa, jolla varmistetaan pelastajille turvallisempi työ ja kansalaisille turvallisempi elinympäristö.

Milàn DUBRAVAC (Slo)

CTIF puheenjohtaja



* CTIF (International association of fire and rescue services)

Kiitokset

Amandine LECOQ (FR)

Battery Safety Team Leader INERIS (Institut national de l'environnement industriel et des risques)

Arjan BRUINSTROOP (NL)

Firefighter- NIPV -Training & Operations Advisor – Fire Service Education /CTIF
« extrication and new technology » member

Céline ADALIAN (FR)

Senior Manager, Passive Safety IDIADA / ISO 17840 task force Co-chairwoman
(rescue sheets)

Eric PAILLIER (FR)

Fire Safety and Emergency Coordinator - TotalEnergies

Joël BIEVER (LUX)

Firefighter - Head of Training southern region, Grand-ducal fire and rescue corps /
Vice-chairman CTIF « extrication and new technology » commission

Marco AIMO-BOOT (ITA)

Tertiary Safety Leader IVECO Group / ISO 17840 task force member (rescue
sheets)

Pierre CASTAING (FR)

Euro NCAP former president / Chairman Euro NCAP « rescue, extrication and post-
crash safety » group

JOHDANTO

Sähköajoneuvot ovat jo useiden vuosien ajan olleet palokuntien, viranomaisten, laboratorioiden ja yksityisyriyten silmissä potentiaalinen uusi riski. Niistä on jo tehty satoja laboratoriotestejä, kenttäkokeita, tutkimuksia, raportteja ja kansainvälisiä ohjeita.

Laitteiden valmistajat ovat tarjonneet laajan valikoiman työkaluja, joiden avulla pelastushenkilöstö voi toimia tehokkaammin ja turvallisemmin korkeajänniteakkuja sisältävien ajoneuvojen kanssa.

Sähköajoneuvojen myynnin nopea kasvu (alun perin henkilöautot, mutta nyt yhä enemmän myös kuorma-autot ja linja-autot) on tarjonnut pelastustoimelle arvokasta operatiivista palautetta suoraan paikan päällä työskenteleviltä.

Tämä kertynyt kokemus ei kuitenkaan ole johtanut yleiseen yksimielisyyteen pelastustoiminnassa noudatettavista toimintatavoista, olipa kyse sitten kolaritilanteista tai sähköajoneuvon palon sammuttamisesta.

Tämän julkaisun tarkoituksena on antaa yleiskatsaus kahdesta tärkeimmästä asiaan liittyvästä kysymyksestä:

- Sähköautojen riskien hallinta kolaritilanteissa.
- Termisen karkaamisen hallinta sähköajoneuvon palon sattuessa (litiumioniakut).

Sähköajoneuvoja ja akkuja, korkeajännitteeseen liittyviä riskejä ja termistä karkaamista koskevat perusasiat käsitellään lyhyesti, koska näistä aiheista on jo olemassa laajasti kirjallisuutta.

Tässä julkaisussa keskitytään tarkastelemaan sähköautojen kanssa toimimista sellaisilla toimintamalleilla, joissa hyödynnetään pelastuslaitoksilla yleisesti olemassa olevaa kalustoa.

Lopuksi esittelemme sekä kolaritilanteisiin että sähköajoneuvopaloihin pelastustoimen tulevaisuuden näkymiä, erityisesti Euro NCAP:n* parhaillaan tekemän työn valossa.

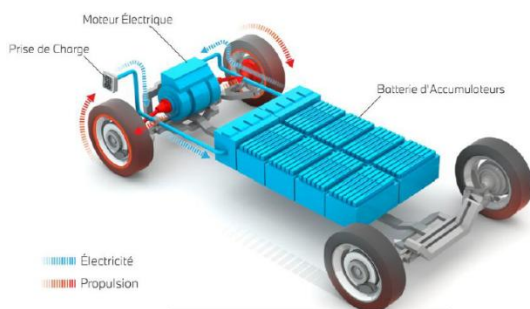
*Euro NCAP European New Car Assessment Programme

<https://www.euroncap.com/media/91774/euro-ncap-protocol-post-crash-v11.pdf>

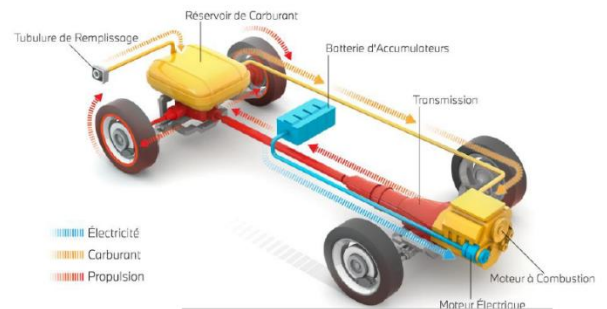
SÄHKÖAJONEUVOJEN TYYPIT

Sähkö- ja hybridiajoneuvot voidaan jaotella neljään pääkategoriaan:

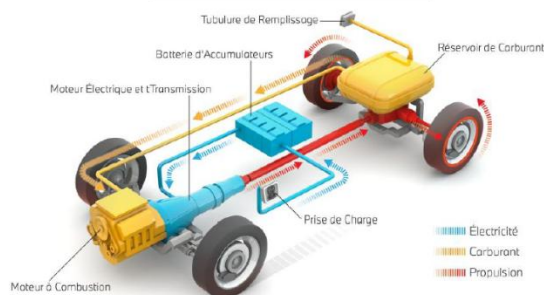
- hybridiajoneuvot (HEV)
- ladattavat hybridiajoneuvot (PHEV)
- täyssähköajoneuvot (EV)
- vetyajoneuvot (FCEV)



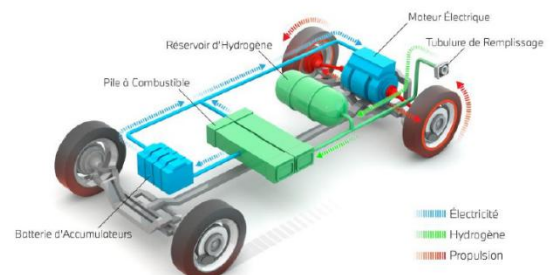
Täyssähköajoneuvo



Hybridiajoneuvo



Plug-in hybridiajoneuvo



Vetyajoneuvo

Sähkö- ja hybridiajoneuvojen akkujen kapasiteetti ja sijoitus vaihtelevat ajoneuvotyyppin mukaan:

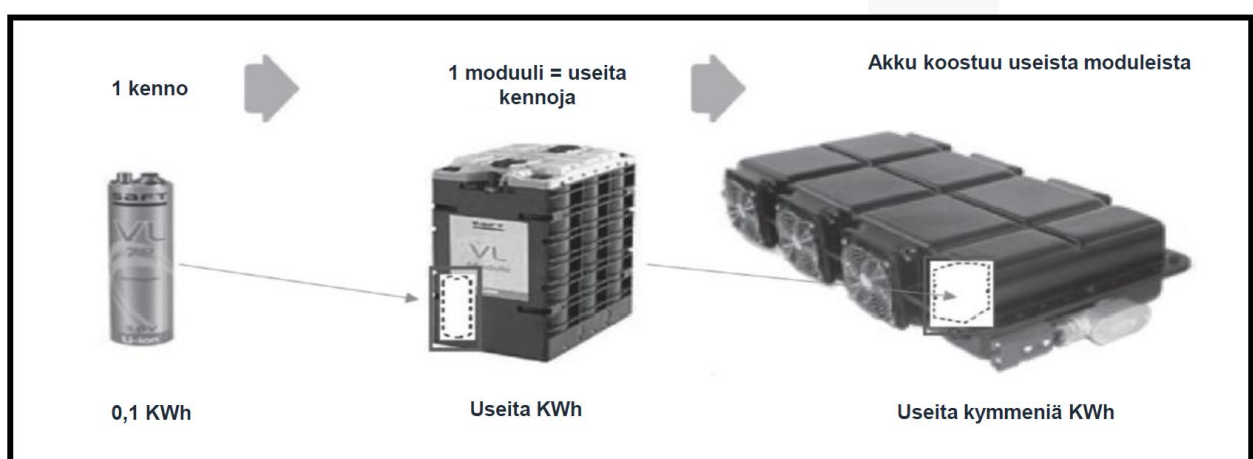
- henkilöautot: yleensä ajoneuvon lattian alla
- kuorma-autot: alustan sivuilla (tai keskellä) tai ohjaamon takana
- bussit: katolla tai ajoneuvon takaosassa



Akun peruselementti on kenno, joka voi olla pussikenno, prismaattinen kenno tai sylinterikenno.



Kennot muodostavat moduulin, ja moduuliryhmä muodostaa akkupaketin.



Vaikka on olemassa useita akkuteknologioita (NiMH, LMP, natrium jne.), litiumioni (Li-ion) on edelleen yleisin teknologia sähköisessä liikenteessä.

Ajoneuvojen akkukotelot on yleensä valmistettu teräksestä tai alumiinista.

Litiumioniakkujen suurimmat riskit ovat:

- sähköiset
- lämpöiset
- myrkylliset
- räjähtävät

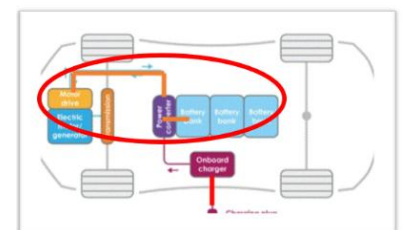
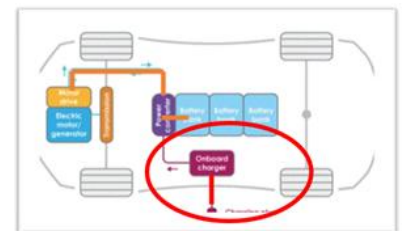


Viimeiset kolme riskiä johtuvat termisestä karkaamisesta, joka voi tapahtua litiumioniakussa.

Pelastajat voivat kohdata korkeajännitevaaran useissa toimintatilanteissa:

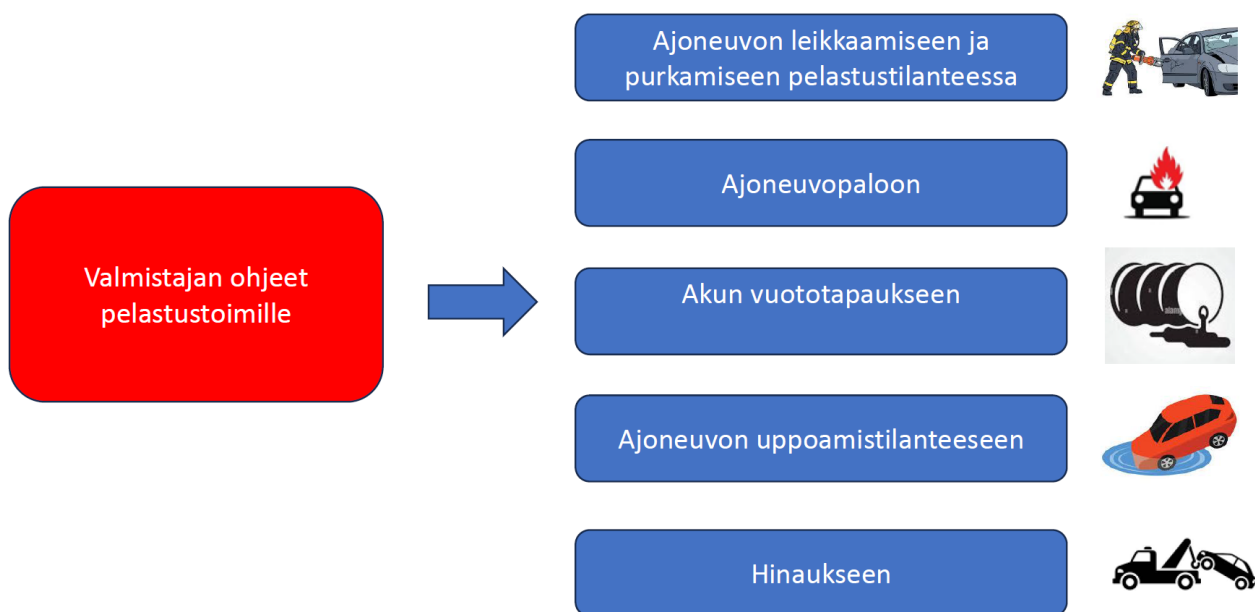
- Suora kosketus suurjännitteisiin (HV) kaapeleihin tai akkuihin kolaritilanteessa
- Suora kosketus suurjännitekaapeleihin tai -akkuihin ajoneuvopalossa erityisesti raivaustöiden aikana
- Suora tai epäsuora kosketus latauskaapeleihin ajoneuvopalon aikana, erityisesti sammutusvaiheessa

Näissä tapauksissa tunnistetut sähköturvallisuusriskit ovat sähköisku, kuolemaan johtava sähköisku sekä valokaaren muodostuminen



PELASTUSKORTIT – PÄÄTÖKSENTEON APUVÄLINE SÄHKÖAJONEUVOPALOIHIN

Pelastuskortit ovat standardoituja asiakirjoja, jotka ovat ISO 17840 -standardin mukaisia. Ne on laadittu ajoneuvovalmistajien toimesta pelastustoimen käyttöön, ja ne sisältävät olennaisia tietoja ja ohjeita erilaisiin toimintatilanteisiin.



ISO 17840 -standardi määrittelee pelastusohjeiden sisällön ja ulkoasun. Se perustuu kahteen keskeiseen periaatteeseen:

- standardoidut symbolit
- standardoidut asiakirjojen rakenteet

Kaikki viralliset symbolit on kuvattu yksityiskohtaisesti ISO 17840 -standardin asiakirjoissa. Tärkeimpiä symboleja, joita käytetään sähköajoneuvojen sähköjärjestelmien tunnistamiseen ja hallintaan, ovat:

	Airbag		Stored gas inflator		Seat belt pretensioner		SRS control unit		Pedestrian protection active system
	Automatic rollover protection system		Gas strut / preloaded spring		High-strength zones		Special attention		
	Battery, low-voltage		Ultra-capacitor, low-voltage		Fuel tank		Gas tank		Safety valve
	Battery, high-voltage		Power cable, high-voltage		Separator, high-voltage		Fuse box, disabling high-voltage system		Ultra-capacitor, high-voltage
	High-voltage separator to low voltage		Fuse box, disabling high voltage to low voltage		High voltage component		Fuel tank, petrol		Loop disabling high voltage to low voltage

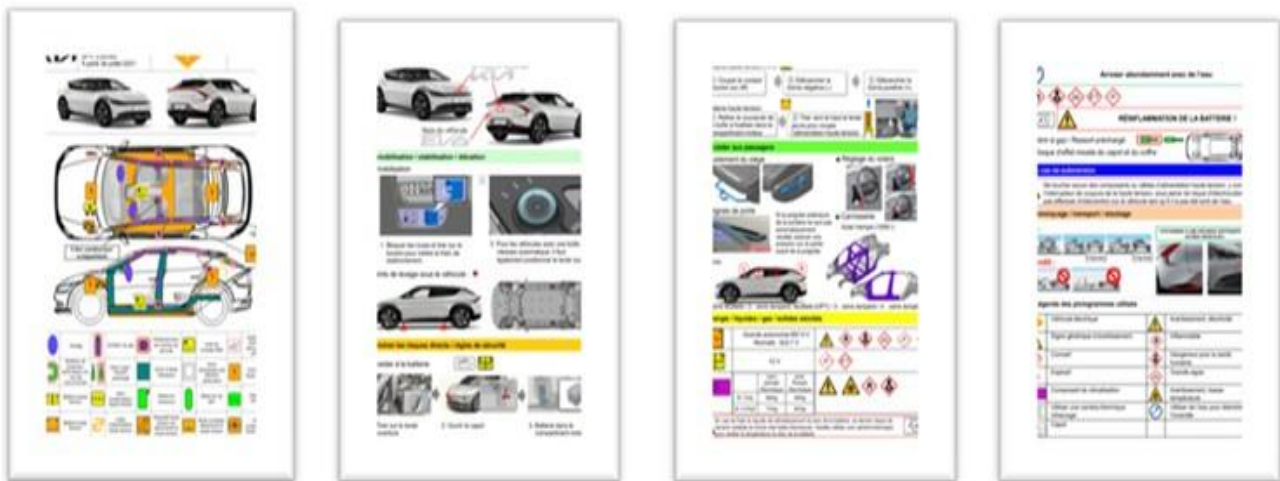
Pelastuskortit ovat standardoituja asiakirjoja, jotka on suunniteltu helposti ja nopeasti käytettäväksi pelastustoiminnan aikana. Ne on rakennettu Euro NCAP -kriteerien mukaisesti, ja ne ovat enintään nelisivuisia (poikkeustapauksissa viisisivuisia):

Sivu 1:

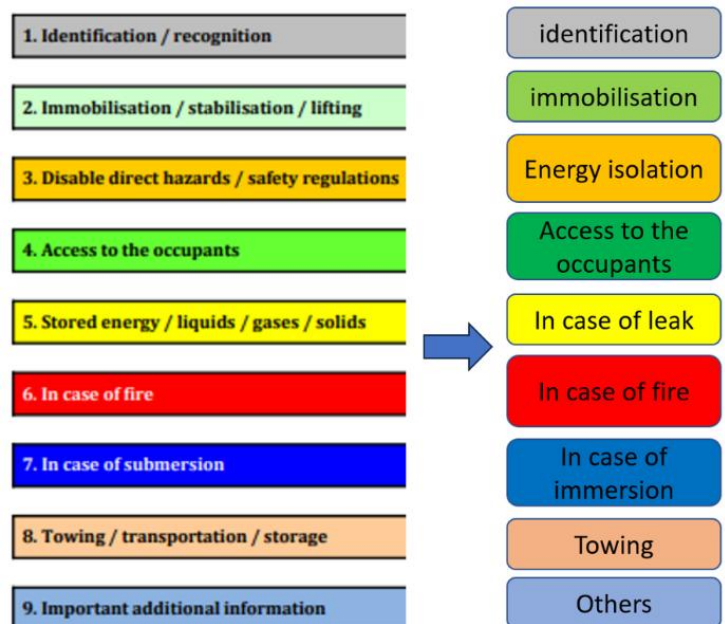
- yleiskatsaus pelastustoiminnan kannalta merkityksellisiin laitteisiin
- valokuva ajoneuvosta
- selite käytetyistä symboleista

Sivut 2–4:

- käyttöohjeet jaoteltuina lukuihin



Jokainen luku on merkitty tietyllä värikoodilla, jotta se on helppo löytää.



Pelastuskortit ovat saatavilla Euro NCAP:n kehittämästä Euro Rescue -sovelluksesta.



Syyskuusta 2025 lähtien sovelluksesta on saatavilla ohjeet yli 1 900 ajoneuvoon. Niitä voi lukea verkossa tai offline-tilassa, jos pelastuskortit on ladattu puhelimeen tai tabletille.

Sovellus on saatavilla ilmaiseksi kaikilla 22 virallisella Euroopan kielellä, ja sen voi ladata täältä:



<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.euroncap.rescue&hl=fr&pli=1>



<https://apps.apple.com/fr/app/euro-rescue/id1516807765>

Saatavilla on myös tietokoneessa toimiva työpöytäversio, joka voi olla erityisen hyödyllinen tilannekeskuksissa, kun ne etsivät oikeaa pelastusohjetta ennen pelastustoimenpiteiden aloittamista: <https://rescue.euroncap.com/>

Autojen, kuorma-autojen ja linja-autojen pelastuskortit ovat saatavilla sekä mobiilisovelluksesta että työpöytäversiosta.



Australiassa on kehitetty ANCAP Rescue -sovellus paikallisia pelastustoimijoita varten. Se tarjoaa pääsyn vastaavaan pelastusohjeiden tietokantaan, joka sisältää myös Australian markkinoille tarkoitettuja ajoneuvoja:



<https://www.ancap.com.au/ancap-rescue-app>

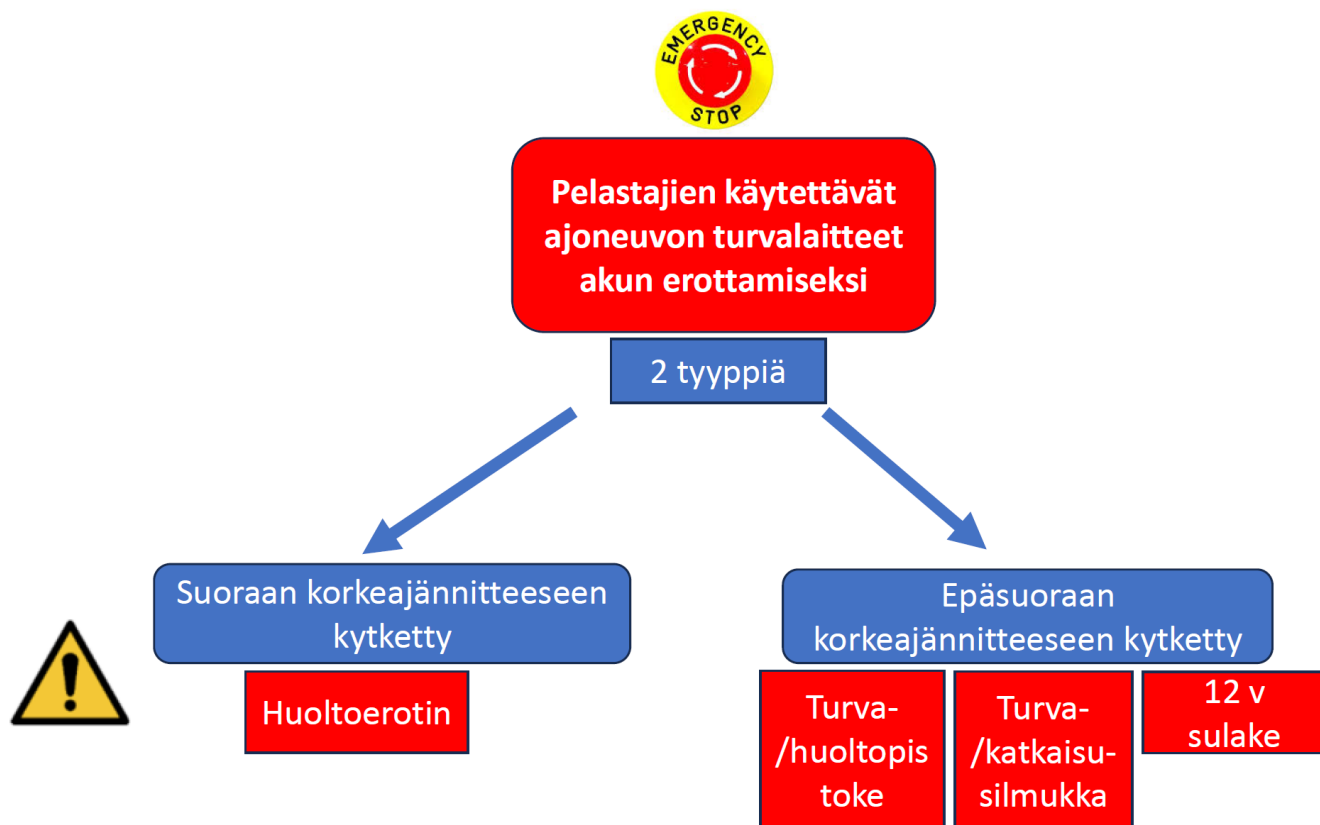
RISKIEN HALLINTA SÄHKÖAJONEUVOJEN TIELIIKENNEONNETTOMUUKSISSA

Pelastustoiminnassa käytettävissä olevat turvalaitteet

Sähköajoneuvot on varustettu turvalaitteilla, joita voidaan käyttää pelastustoiminnan yhteydessä. Turvalaitteet on suunniteltu eristämään sähköenergia korkeajänniteakusta (HV), jolloin sähköiset vaarat poistuvat ja pelastustoimenpiteet voidaan suorittaa turvallisesti.

Ajoneuvovalmistajat antavat näiden laitteiden sijainti- ja käyttöohjeet ISO 17840 -standardin mukaisesti. Nämä ohjeet sisältävät tietoja ja ohjeita pelastustoimintaa tekeville.

Turvalaitteet voidaan jakaa kahteen pääryhmään:



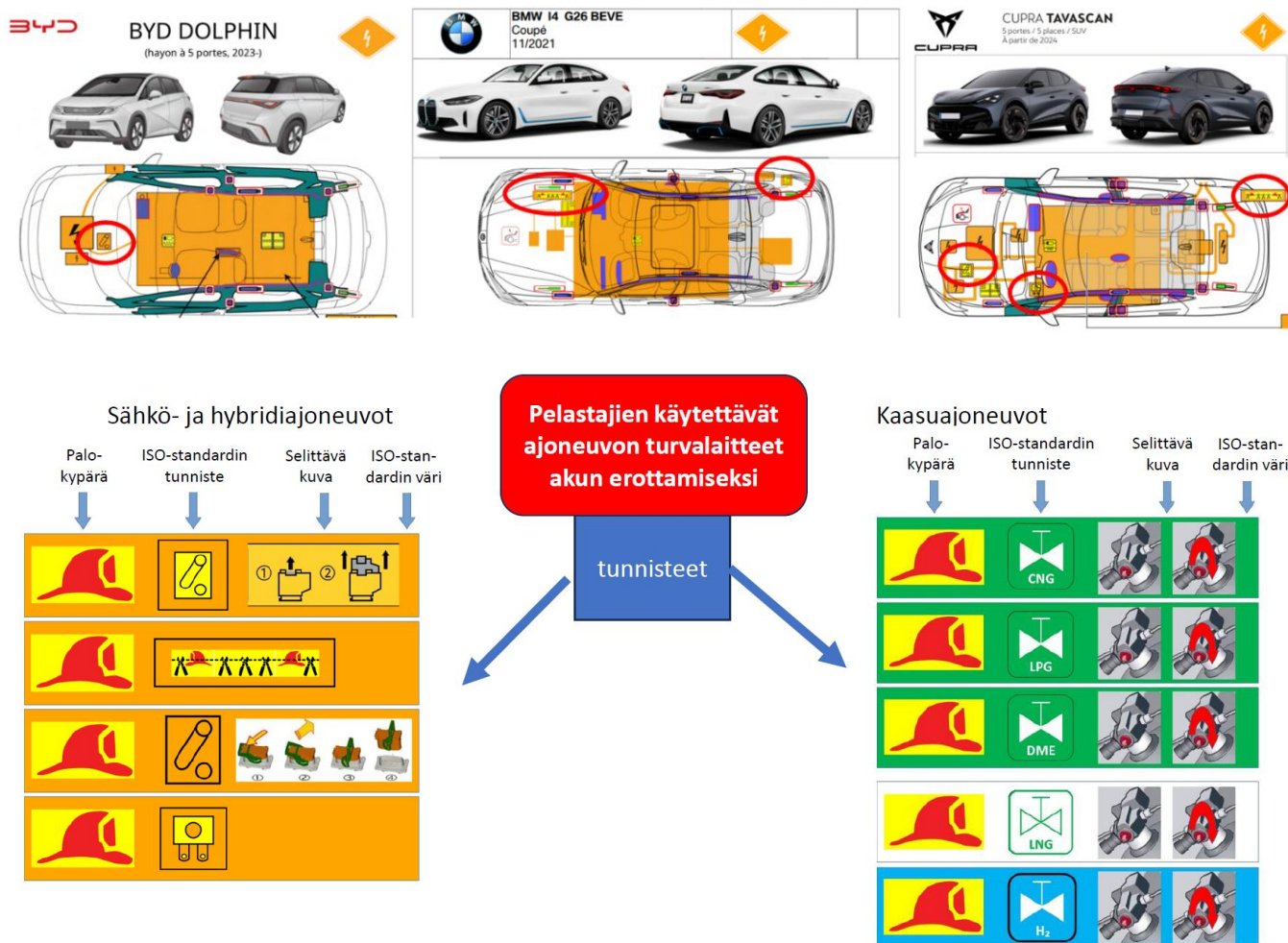
Turvalaitteet voivat sijaita sähköajoneuvon eri paikoissa. Yhdessä ajoneuvossa voi olla yhdestä kolmeen laitetta valmistajasta ja mallista riippuen.

Laitteiden sijainti vaihtelee ajoneuvotyyppin mukaan:

- Henkilöautot: matkustamo, tavaratila, etuosa (moottoritila) tai joskus korin ulkopuolella (esim. alustan alla)
- Kuorma-autot: matkustamossa tai ajoneuvon runkoon asennettuna
- Linja-autot: kuljettajan istuimen lähellä tai ajoneuvon takaosassa

Kaikki turvalaitteet on merkitty pelastuskorttiin ISO 17840 -standardin mukaisilla symboleilla, ja ne on usein merkitty myös ajoneuvoon.

Euro NCAP on määrittänyt merkintöjen muodon, jotta ne ovat yhdenmukaiset eri merkkien ja mallien välillä:



Merkintöjen oranssi väri on tyypillinen korkeajännitteiseen (HV) sähköpiiriin liittyvälle turvalaitteelle.

Pelastajan kypärä -symboli osoittaa, että laitetta on käytettävä hätätilanteessa. Kypärän tyyli voi vaihdella autovalmistajan mukaan.



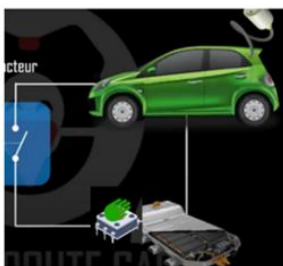
Esimerkki toisesta kypärätyylistä.

Kypärän jälkeinen ISO-symboli kuvaa, mistä turvalaitteesta on kyse. Sen jälkeen voi olla kaavio, missä ajoneuvon valmistaja voi kuvata, miten turvalaitetta käytetään.

Huoltoerotin

Huoltoerotin on korkeajännitepiirissä sijaitseva turvalaite, joka on usein suorassa kosketuksessa korkeajänniteakkuun. Huoltopistokkeen käyttö katkaisee korkeajännitepiirin, jolloin järjestelmä on turvallinen huollettavaksi.

Huom! Huoltopistokkeen käsittely vaatii erityisiä henkilönsuojaimia (PPE), kuten eristettyjä käsineitä ja kasvosuojaimia. Huoltoerotinta käytetään yleensä ajoneuvojen huollossa.



Ennen ja jälkeen huoltoerottimen käytön:

Ennen: Korkeajännitepiiri on jännitteinen

Jälkeen: Korkeajännitepiiri on irrotettu ja jännitteetön

Huoltoerottimia on monenlaisia malleja ja niiden käyttö vaihtelee ajoneuvovalmistajan mukaan.



MG 5



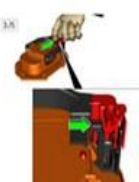
BYD Dolphin



MG HS



Opel amp



Polestar 2



Pelastuskortissa (ISO 17840) huoltoerottimelle on

Oranssi väri osoittaa, että huoltoerotin on korkeajännitepiirin osa.



vakiosymboli.

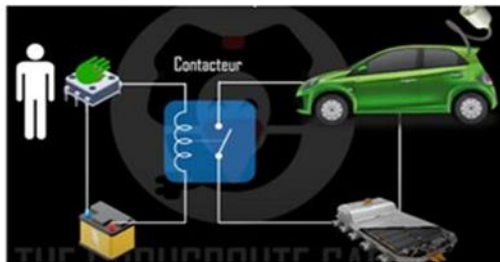


Esimerkki Euro NCAP:n määrittelemästä standardoidusta huoltoerottimen merkinnästä.

Matalajännitepiirin turvalaitteet

Turva-/huoltokytkin, turva-/katkaisusilmukka ja 12-voltin sulake -turvalaitteet ovat matalajännitepiirissä (LV). Ne avaavat korkeajännitepiirin releen eli ne erottavat epäsuorasti korkeajänniteakun korkeajännitekomponenteista.

Toisin kuin huoltoerotinta käytettäessä, näiden laitteiden käyttämiseen ei tarvita erityisiä henkilönsuojaimia.



Matalajännitteisen turvalaitteiden toiminta

Vasemmalla turvalaitetta ei käytetty – korkeajännite kytketty

Oikealla turvalaitetta on käytetty – korkeajännite erotettu

Matalajännitepiirin turvalaitteiden rakenne, sijainti ja toiminta voivat vaihdella valmistajan mukaan.

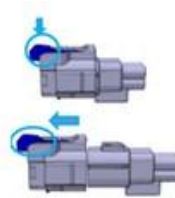
Turva-/huoltopistoke



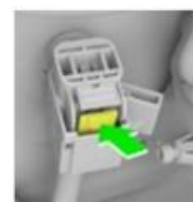
BMW i4



NIO EL 6



CHERY Tiggo



ORA funky cat

Pelastusohjeessa (ISO 17840) ilmoitettu turva-/huoltokytkimen ISO-standardin mukainen symboli. Keltainen väri osoittaa matalajännitepiirin turvalaitteen.



Esimerkki Euro NCAP:n määrittelemästä standardoidusta turva-/huoltokytkimen merkinnästä.

Turva-/katkaisusilmukka



BYD SEAL



KIA EV3



MERCEDES CLA Coupé



JEEP Avenger

Pelastusohjeessa (ISO 17840) ilmoitettu turva-/katkaisusilmukan ISO-standardin mukainen symboli. Keltainen väri osoittaa matalajännitepiirin turvalaitteen.



Esimerkki Euro NCAP:n määrittelemästä standardoidusta turva-/katkaisusilmukan merkinnästä.

12 voltin sulake



SKODA Kodiak



Ford Capri



MAXUS Mifa 7

Pelastusohjeessa (ISO 17840) ilmoitettu 12-voltin sulakkeen ISO-standardin mukainen symboli. Keltainen väri osoittaa matalajännitepiirin turvalaitteen.



Esimerkki Euro NCAP:n määrittelemästä standardoidusta 12-voltin sulakkeen merkinnästä.

TYYPPI	ESIMERKKIKUVA	ISO-symboli	Euro NCAP tunnisteet (esimerkki)	Henkilökohtaiset turvavarusteet
Huoltoerotin				
Turva-/huoltopistoke				
Turva-/katkaisu-silmukka				
12 v sulake				

Ajoneuvovalmistajien ohjeet

Ajoneuvovalmistajat antavat erityisiä ohjeita sähköajoneuvojen korkeajänniteakun eristämisestä. Nämä ohjeet on esitetty yksityiskohtaisesti pelastuskorttien (ISO 17840 - standardin määritelmän mukaisesti) luvussa 3.

3. Disable direct hazards/ safety regulations

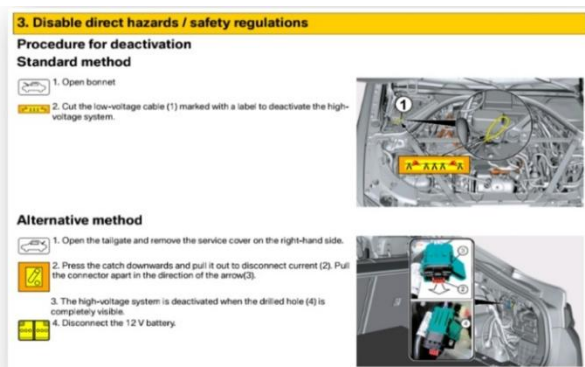
Valmistajien ohjeet sisältävät yleensä seuraavat osat:

- Matalajänniteakun (LV) sijainti ja akun irtikytkentä (yleensä 12 voltia henkilöautoissa ja 24 voltia raskaissa ajoneuvoissa ja linja-autoissa).
- Korkeajännitejärjestelmän (HV) irtikytkentään käytettävien turvalaitteiden sijainti ja käyttöohjeet sekä tarvittavat varotoimenpiteet.

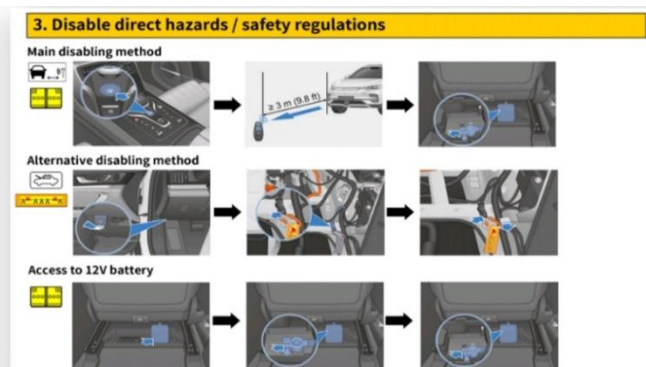
Pelastuskortissa voidaan ehdottaa useampia toimintatapoja:

- Ensisijainen toimintatapa (prioriteetti) – suositeltavin ja turvallisin menetelmä
- Toissijainen vaihtoehto, jos ensisijaista menettelyä ei voida käyttää
- Lisäksi voi olla varamenetelmä, jos ensisijaista ja toissijaista menetelmää ei voida käyttää.

Edellä mainituissa toimintatavoissa voidaan käyttää erilaisia turvalaitteita (turva-/huoltokytin, turva-/katkaisusilmukka ja 12-voltin sulake tai joku muu suurjännitteen erotustapa).



BMW



BYD

Joidenkin ajoneuvovalmistajien ohjeissa todetaan, että

- turvatyynyjen laukeaminen on luotettava merkki ajoneuvon korkeajännitepiirin automaattisesta erottamisesta tai
- virran sammuttaminen ajoneuvosta on riittävä toimenpide ajoneuvon korkeajännitepiirin erottamiseksi.

On erittäin tärkeää noudattaa ajoneuvon valmistajan ohjeita turvallisten ja tehokkaiden pelastustoimenpiteiden varmistamiseksi

Ennen kuin pelastajat aloittavat toimenpiteitä onnettomuusajoneuvon parissa, heidän on

- tunnistettava ajoneuvon malli ja tyyppi sekä
- tutustua kyseisen ajoneuvomallin pelastuskorttiin.

Tämä on edellytys sille, että pelastustoimenpiteissä noudatetaan oikeita turvallisuustoimenpiteitä ja korkeajänniteakun erottamisenmenettelyjä.

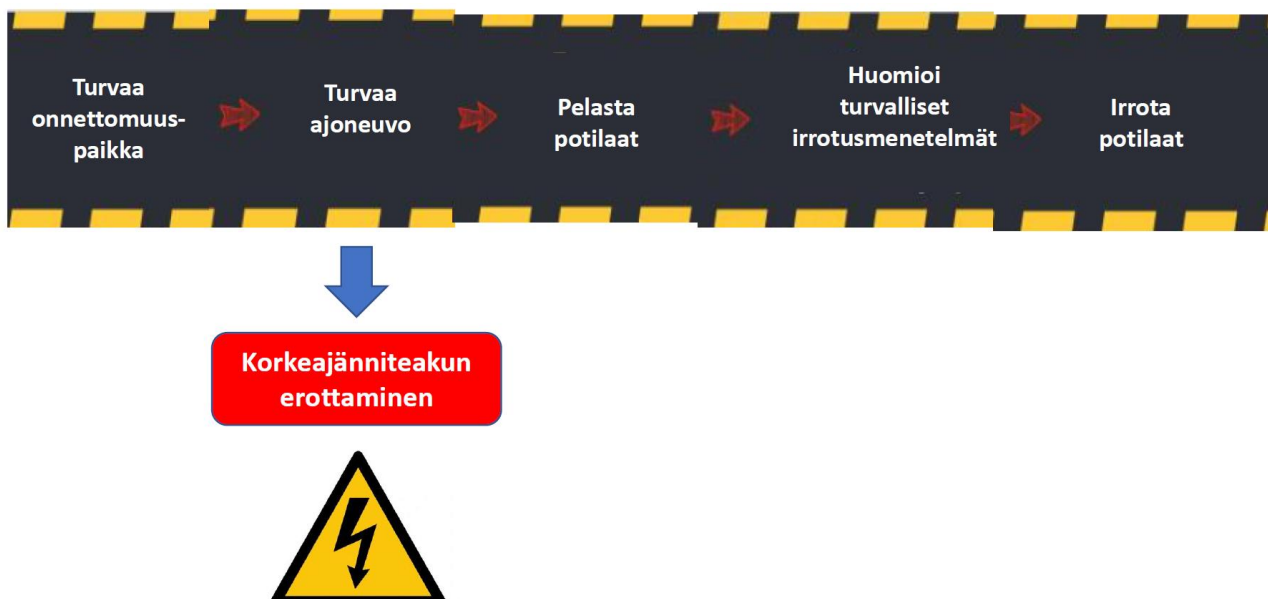
On kuitenkin huomattava, että vaikka uusimmissa pelastuskorteissa on yksityiskohtaisia tietoja, niin osa vanhemmista pelastuskorteista on yleisluontoisempia.

”Ajoneuvon turvaaminen” – tärkeä pelastustoiminnan vaihe

Jotta ajoneuvojen sähköisiä riskejä voidaan hallita asianmukaisesti tieliikennepelastustilanteessa, on pelastustoimenpiteisiin sisällytettävä erityinen ”ajoneuvon turvaamisen” vaihe, jossa keskitytään ajoneuvon energiajärjestelmien hallintaan.

Tieliikennepelastustilanteiden yleinen lähestymistapa voidaan määritellä sarjaksi jäsenneltyjä vaiheita, joista kukin koskee tiettyä operatiivista tavoitetta.

Tässä toisena vaiheena ajoneuvon turvaaminen on olennainen osa sähköisten vaarojen hallitsemista ja pelastajien turvallisuuden varmistamista. Yleisesti lähestymistapa voidaan esittää kuvan mukaisesti.



Ajoneuvon turvaamisvaiheen tavoitteena on mahdollistaa pelastajille turvallinen ja tehokas toiminta – kuten missä tahansa tavanomaisessa pelastustoiminnassa.

Sähkö- tai hybridiajoneuvojen osalta tämä vaihe sisältää erityisesti seuraavat toimet:

- Ajoneuvon stabilointi eli liikkumattomaksi tekeminen
- Ajoneuvon energialähteen (tässä tapauksessa sähköjärjestelmän) eristäminen

Ajoneuvon turvaamisvaiheessa on aina noudatettava seuraavaa toimintamallia:



Tunnista ajoneuvon energialähde, ajoneuvotyyppi (merkki, malli, vuosimalli) ja tutki ajoneuvoa vastaava pelastuskortti.

Tarkista (silmämääräisesti) energialähde (akut) ja oranssit korkeajännitekaapelit, näkykö vaurioita (vaurioituneet kaapelit, epämuodostunut akkukotelo jne.). Tarvittaessa ryhdy tarvittaviin varotoimiin (esimerkiksi merkitse vauriot tai ilmoita vaurioituneet kohdat, että kukaan ei kosketa niitä vahingossa).

Kiellä koskemasta oransseihin kaapeleihin ja akkuihin (sekä oransseihin kaapeleihin liitettyihin komponentteihin, jotka on yleensä merkitty keltaisella kolmiolla). Ilmoita tarkastuksen aikana havaituista vaurioista.

Tee ajoneuvo liikkumattomaksi (varmistu, että ajoneuvon virrat on sammutettu), kytke ajoneuvon seisonajarru (mekaanisesti tai sähköisesti), aseta vaihteisto pysäköintiasentoon ja kiilaa pyörät (jos mahdollista). Tarvittaessa tai epäselvissä tilanteissa katso yksityiskohtaiset ohjeet pelastuskortin osasta 2 (*Immobilization of the rescue sheet for detailed instructions*).

Eristä korkeajännitejärjestelmä (HV). Pelastuskortin osassa 3 kuvataan turvalaitteiden erittely ja käyttö korkeajänniteakun erottamiseksi (pistokkeet, silmukat, 12 V:n sulakkeet jne.).



	Irroita matalajännitejärjestelmä (12 V tai 24 V) vasta sen jälkeen, kun olet tehnyt sähköä vaativat toimet pelastustoimien helpottamiseksi: sähköiset ovenkahvat, sähköiset ikkunat, sähköiset takaluukut, sähköiset istuimet jne.
	Huom! Korkeajänniteakku tulee eristää vain, jos tilanteessa pitää purkaa ajoneuvoa (esim. leikkaaminen, levittäminen tai nostaminen hydraulisilla pelastusvälineillä) tai jos on selvä ja välitön vaara (esim. näkyviä vaurioita oransseissa korkeajännitekaapeleissa tai korissa sellaisia muodonmuutoksia, jotka ovat voineet vaurioittaa akkua tai korkeajännitekaapeleita) tai erityistilanteessa (esim. uhri on jäänyt ajoneuvon alle).
	Joissakin pelastuskorteissa mainitaan, että korkeajänniteakku kytkeytyy irti automaattisesti törmäystilanteessa. Pelastuskortissa voi kuitenkin olla selkeä maininta, että pelastajat joutuvat lisäksi käyttämään manuaalisia turvalaitteita (silmukoita, turvapistokkeita jne.). Jos ohjeissa mainitaan, että automaattinen irtikytkentä riittää turvatoimenpiteeksi, on siinä mainittava myös vahvistustapa (esimerkiksi turvatyyny laukeavat tai varoitusvalo syttyy kojelaudassa), millä asian voi todentaa.
	Huomaa, että sähköajoneuvosta merkittävän törmäyksen jälkeen irronnut akku tai akun osat (esim. jos kennot/moduulit ovat hajonneet tielle) muodostavat aina sähköiskun ja termisen karkaamisen vaaran.

Tieliikennepelastustoiminnan tulevaisuuden näkymät

Hätäpuhelut – kohti optimoitua operatiivista tietoa.

Nykyiset hätäpuheluita koskevat säännökset edellyttävät ajoneuvon ja onnettomuuden keskeisten tietojen automaattista digitaalista siirtoa hätäkeskukselle eCall 112 -järjestelmän kautta (otettu käyttöön vuonna 2018).

Pakollisiin lähetettäviin tietoihin kuuluvat ajoneuvon VIN-numero (ajoneuvon tunnistenumero) ja ajoneuvon energiatyyppi (esim. sähkö, hybridi, vety, polttomoottori). Nämä tiedot muodostavat ensisijaiset tunnistustiedot.

Vaikka ajoneuvon energiatyyppi on tärkeä tieto liikenneonnettomuuden tai ajoneuvon palon sattuessa, se ei riitä ajoneuvon täydelliseen tunnistamiseen.

Tarkka tunnistaminen on välttämätöntä, jotta voidaan löytää kyseiseen ajoneuvomalliin sopiva pelastusohje.

Sen sijaan ajoneuvon tunnistenumeroa (VIN) voidaan käyttää ajoneuvon tarkkaan tunnistamiseen ajoneuvorekisterijärjestelmän (SIV) avulla (Ranskassa pelastuspalvelut ovat voineet käyttää SIV-järjestelmää vuodesta 2022 lähtien).

Tähän liittyen Euro NCAP on sisällyttänyt vuoden 2030 tiekarttaansa ensisijaiseksi tavoitteeksi mahdollistaa ajoneuvon tunnistaminen ja pelastuskortin hakeminen ajoneuvon valmistenumeron (VIN) tai rekisterinumeron avulla EuroRescue-sovelluksen kautta.

Lisäksi Euro NCAP on uusimmassa arviointiprotokollassaan päättänyt kannustaa lisätietojen lähettämistä eCall 112 -järjestelmän kautta.

Nämä lisätiedot ovat

- uhrien lukumäärä,
- törmäyksen suunnan (etu-, sivu- tai takatörmäys) ja
- törmäyksen hidastuvuus (delta V).

Tavoitteena on tulevaisuudessa saada käyttöön ”vakavuusindeksi”, joka määrittää onnettomuuden vakavuuden, minkä avulla hätäkeskus voi optimoida onnettomuuspaikalle lähetettävät pelastusresurssit.

Pelastuskorttien käytettävyyden parantaminen

Pelastuskortit ovat operatiivisia työkaluja, jotka on tarkoitettu pelastustoimijoiden käyttöön onnettomuustilanteessa. Siksi niiden on oltava selkeitä, tarkkoja ja ytimekkäitä.

ISO 17840 -standardin tarjoamasta kehiksestä huolimatta pelastuskorteissa on edelleen hyvin paljon eroja, ja osa niistä on vaikeasti tulkittavia ja sovellettavia pelastushenkilöstön kenttätyössä.

Tämän ongelman ratkaisemiseksi Euro NCAP on ottanut käyttöön joukon sääntöjä ja arviointikriteerejä, joilla varmistetaan, että pelastuskortit ovat mahdollisimman yksinkertaisia ja ymmärrettäviä.

Pisteitä annetaan vain pelastuskorteille, jotka on laadittu täysin Euro NCAP:n teknisen ohjeen TB 030* mukaisesti. Ohje päivitetään säännöllisesti CTIF:n suositusten perusteella.

Suosituksissa korostetaan yksinkertaisuutta, tietojen selkeyttä ja operatiivista tehokkuutta, jotta pelastushenkilöstö voi tukeutua pelastuskortteihin kaikissa tieliikenneonnettomuus- ja ajoneuvopalotilanteissa.



Vaarojen poistaminen: suurjänniteakun erottamisen yksinkertaistaminen

CTIF on tunnistanut yli 70 erilaista suurjänniteakun eristämistoimenpidettä, joita käytetään eri sähköajoneuvomalleissa.

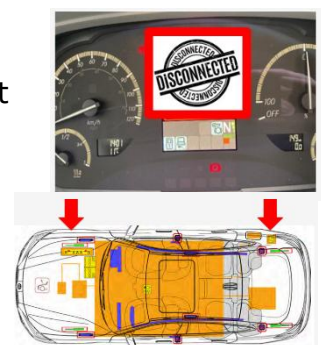
Nämä erot liittyvät erilaisiin turvalaitteisiin, vaihteleviin laitteiden sijainteihin, erilaisiin menettelyihin ja erilaisiin henkilösuojaimien vaatimuksiin, jotka kaikki tekevät pelastustoimijoiden työstä monimutkaista ja aikaa vievää.

Tämän ongelman ratkaisemiseksi Euro NCAP on CTIF:n suositusten* perusteella ottanut käyttöön seuraavat periaatteet yksinkertaistettujen ja standardoitujen suurjänniteakkujen erottamisenmenetelmien edistämiseksi:

- Kannustetaan yksinkertaisia ja turvallisia protokollia, jotka kattavat kaikki mahdolliset toimintatilanteet.
- Automaattista suurjänniteakun erottamista suositellaan vahvasti.

Automaattisen akun erottamisen tapauksessa pelastushenkilöstön on voitava selvästi nähdä tilailmaisoin, joka vahvistaa akun irtikytkennän (esim. lauenneet turvatyyny, kojelaudan varoitusvalot). Nämä tiedot on myös mainittava pelastuskortin luvussa 3.

- Jos manuaalinen akun erottaminen on tarpeen (kun automaattinen erottaminen ei ole mahdollinen tai tietyissä toimintatilanteissa), sen on oltava mahdollista vähintään kahdesta eri kohdasta ajoneuvossa.
- Akun erotusmenetelmät eivät saa vaatia sellaisia henkilösuojaimia, jotka eivät kuulu pelastajan varusteisiin.
- Pelastuskorttien luvussa 3 on selkeästi ilmoitettava kaikki deaktivoituvat riskit, mukaan lukien suurjännitepiirit, 60 V:n järjestelmät, 12 V:n piirit ja pyrotekniset laitteet.



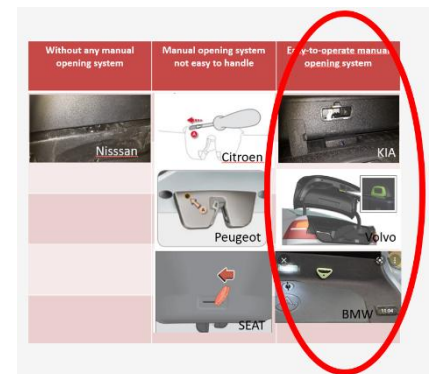
Takaluukku ja tavaratila: helpompi pääsy onnettomuuden jälkeen

Takaluukku tai tavaratila on usein tärkeä reitti pelastajille – oli kyse sitten kiinni jääneiden potilaiden pelastamisesta, evakuoinnista tai tärkeiden turvavarusteiden (kuten turvakytin tai -silmukka) käytöstä.

Onnettomuuden olosuhteet voivat kuitenkin vaikeuttaa tavaratilan luukun avaamista, erityisesti ajoneuvoissa, joissa on käytetty yksinomaan sähköisiä avausjärjestelmiä.

Koska nopea pääsy on olennaisen tärkeää pelastustoiminnassa, Euro NCAP on päättänyt edistää tekniikkaa, joissa takaluukku tai tavaratila voidaan avata nopeasti ja helposti törmäystilanteessa.

Tämä voidaan saavuttaa sähköisillä avausjärjestelmillä, jotka toimivat myös törmäyksen jälkeen, tai manuaalisilla sisäisillä avausmekanismeilla, joiden avulla pelastajat voivat avata takaluukun tai tavaratilan ajoneuvon sisältä.

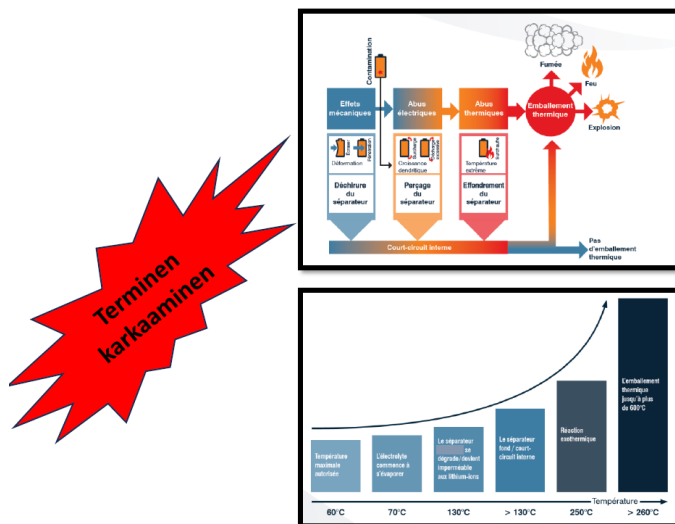


* TB030 d'Euro NCAP : <https://www.euroncap.com/en/for-engineers/supporting-information/technical-bulletins/>

* article CTIF : <https://ctif.org/news/disabling-direct-hazards-vehicle-crash-what-does-it-mean-emergency-responders>

AJONEUVOPALOT: TERMISEN KARKAAMISEN HUOMIOIMINEN

Termisen karkaamisen tärkeimmät tiedot



Syyt

Ulkoinen lämmön lähde / sisäinen oikosulku* / yllilataaminen / veteen uppoaminen

* Iskun, vaurion, tai lävistämisen seurauksena.

Ulkoiset merkit

Liekit ja säkenöinti / savu / räitsevä ääni

Miten lukea paloa?

samanlainen kuin palava (tai palamaton) kaasuvuoto, josta syntyy tiheää savua

Kriittinen lämpötila termisen karkaamisen alkamiseksi:

- 130°C – 180°C välissä teknologiasta riippuen

Termisen karkaamisen riskit ovat seuraavat:



- Lieskahdukset, säkenöinti, leviäminen
- Sulan metallin **heitteet mahdollisia** (myös akkukennojen heitteitä)
- **Terminen lämpökarkaamisreaktio voi olla erittäin kiivas**



- **Sankkaa, myrkyllistä kaasua** (CO, HF)



- **Palavien kaasujen räjähdys mahdollinen** (H₂, CH₄...), jos kaasuja kertyy suljettuun tilaan (esim. autotalliin tai ajoneuvon sisälle)



On huomioitava, että sulan metallin roiskeet ovat yleensä peräisin akun kotelosta, koska se on valmistettu alumiinista.

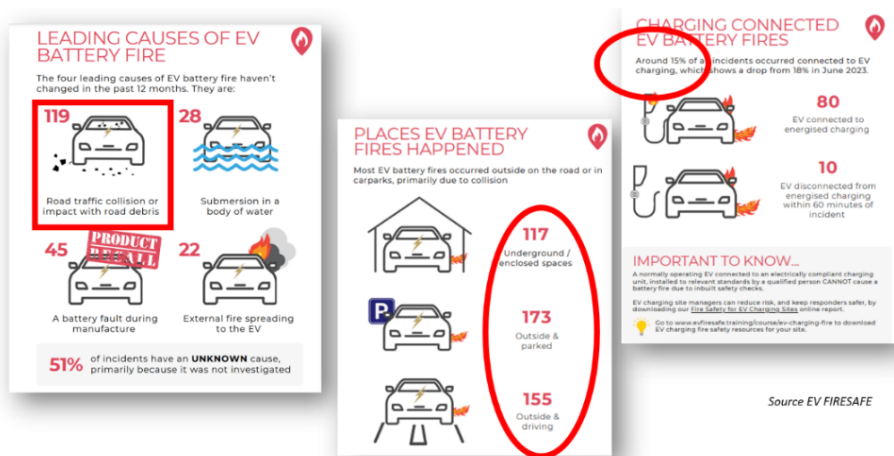
Kennosta sinkoilevien heitteiden tai kipinöiden "ohjusvaikutus" liittyy pääasiassa sylinterikennoihin, joita käytetään yleisesti kevyissä sähköisissä liikennevälineissä, kuten skoottereissa ja sähköpyörissä.

Termisen karkaamisen nopeus tai kiivaus vaihtelee suuresti ja riippuu useista tekijöistä, kuten syystä (ulkoinen lämmönlähde, sisäinen oikosulku, ylikuormitus jne.), akun rakenteesta ja arkkitehtuurista, kennon kemiallisesta koostumuksesta ja akun varausasteesta (SOC). Prosessi voi olla hyvin hidas, jolloin liekkien syntyminen kestää useita minuutteja, tai hyvin nopea, jolloin se kehittyy jo muutamassa sekunnissa.

Termisessä karkaamisessa syntyvä savu on paitsi tiheää myös hyvin myrkyllistä ja syttyvää, mikä aiheuttaa merkittäviä ongelmia pelastustoiminnalle erityisesti suljetuissa tiloissa tehtävissä.

Onnettomuusdatan analysointi paljastaa termisen karkaamisen syitä ja tapahtumaolosuhteita.

- Suuri osa termisistä karkaamistapauksista tapahtuu iskusta akun pohjaan. Muita tunnistettuja syitä ovat muun muassa upottaminen, valmistusvirheet tai altistuminen ulkoiselle lämmönlähteelle.
- Merkittävä osa termisistä karkaamistapahtumista tapahtuu suljetuissa tiloissa.
- Arviolta noin 15 % termisistä karkaamistapauksista liittyy ajoneuvoihin, joita ladattiin syttymishetkellä.



Terminen karkaaminen pelastustoiminnan näkökulmasta

Laajat laboratoriotestit, käytännön kokeet ja pelastajilta ympäri maailmaa saadut kenttäkokemukset ovat tuottaneet huomattavan määrän tietoa akkujen termisestä karkaamisesta.

Kertyneen tiedon avulla voidaan nyt tunnistaa keskeiset toiminnalliset tekijät, jotka ohjaavat pelastustoiminnan taktiikkaa.

Tärkeimmät huomioitavat seikat koskevat termisen karkaamisen kehittymistä ja käyttäytymistä, sammutustaktiikkaa ja tekniikkaa sekä pelastustoiminnan riskien ja turvallisuuden huomioimista:

Termisen karkaamisen kehittyminen

Kuten edellä on todettu, termisen karkaamisen nopeus voi vaihdella suuresti. Joissakin tapauksissa liekit ja savu ilmaantuvat lähes välittömästi, kun taas toisissa savu ilmaantuu useita minuutteja ennen syttymistä.

Tämä liekkien arvaamaton puhkeaminen yhdistettynä epävarmuuteen niiden syntymispaikasta ja äkillisten liekkien mahdollisuudesta on merkittävä vaara ajoneuvon lähellä toimiville pelastajille. Siksi ajoneuvon välittömässä läheisyydessä työskentelevän henkilöstön on suojauduttava kiivasta paloa vastaan sammutusvarusteilla. Pelastajien on varauduttava termisen karkaamisen käynnistymiseen tieliikenneonnettomuuden pelastustoimenpiteiden aikana.



Akun termisen karkaamisen keskimääräinen kesto vapaassa palamisessa (eli ilman sammutus- tai jäähdytystoimenpiteitä) on noin 30 minuuttia ja ylittää harvoin tunnin. Tämä on ratkaisevaa operatiivisen päätöksenteon kannalta, erityisesti kun päätetään, jatketaanko ulkoisesti sammuttamista vai käytetäänkö sammutustekniikkaa, jossa pyritään sammuttamaan akkua sisältä päin (esimerkiksi akun lävistys).

Päätös on aina perustuttava huolelliseen riskien ja operatiivisten etujen arviointiin.

Terminen karkaaminen, jossa ei ole näkyviä liekkejä (vain savun muodostuminen), aiheuttaa räjähdysvaaran suljetussa tilassa tai ajoneuvon sisällä. Vaurioitunut akku vapauttaa palavia kaasuja, pääasiassa metaania (CH_4) ja vetyä (H_2). Kun nämä kaasut kertyvät suljettuun tilaan (kuten autotalliin, maanalaisiin pysäköintihalleihin tai ajoneuvon korin sisälle), ne voivat muodostaa räjähdysvaarallisen kaasuseoksen. Tällaisissa tilanteissa, ja erityisesti ilman syttymislähdettä, tilanne on verrattavissa syttymättömään palavien kaasujen vuotoon.



Termisen karkaamisen kohteeksi joutunut akku voi syttyä uudelleen useita tunteja tai jopa päiviä alkuperäisen tapahtuman jälkeen. Tästä syystä on välttämätöntä varmistaa, ettei akussa ole lämpimiä kohtia, ennen kuin sammutustoiminta voidaan päättää. Mikäli mahdollista, akkua tulisi tarkastella lämpökameralla, joka mahdollistaa akun moduuleissa jäljellä olevan lämmön tarkan havaitsemisen. Lisäksi voidaan harkita hiilimonoksiditunnistimien (CO) käyttöä.

On myös erittäin tärkeää ilmoittaa poliisille ja mahdollisille hinaus- tai pelastuspalveluille ajoneuvon tyyppi (sähkö-, hybridi- tai vetyajoneuvo) ja onnettomuuden olosuhteet (terminen karkaaminen, missä on uudelleen syttymisen riski).

Akun uudelleen syttyminen on suhteellisen yleistä, ja se tapahtuu noin 13 %:ssa dokumentoiduista tapauksista (lähde: EV Firesafe).

Uudelleen syttyminen tapahtuu useimmiten sen jälkeen, kun ajoneuvo tai akku on siirretty, esimerkiksi kolaritilanteen jälkeisen hinausoperaation aikana. Tämä ilmiö johtuu tyypillisesti vaurioituneiden kennojen ja viereisten kennojen tai kennojen ja ajoneuvon rakenteessa olevien metalliosien välisestä oikosulusta (aiemman termisen karkaamisen tai kolarin aiheuttaman mekaanisen iskun jälkeen) tai kennojen ja veden välisestä kosketuksesta (esimerkiksi sammutusvesi päässyt akun sisälle). Vesi voi aiheuttaa kennoissa oikosulun, joka johtaa termisen karkaamisen käynnistymiseen.

Suurjänniteakun sammutus ja jäähdytys

Kaikki saatavilla olevat testit ja käyttökokemukset osoittavat johdonmukaisesti veden olevan tehokas sammutusaine akun termisen karkaamisen tilanteessa. Vesi viilentää ja estää tehokkaasti lämmön leviämistä, mikä auttaa rajoittamaan dominoefektiä vierekkäisten akkumoduulien tai lähellä olevien ajoneuvojen välillä.

Vaikka vesi on erinomainen sammutusaine, sen saaminen oikeaan paikkaan tiiviisti rakennetun akkukotelon sisään on erittäin vaikeaa tai mahdotonta.

Useimmiten korkeajänniteakkujen kotelot ovat kompakteja, suljettuja ja rakenteet ovat vahvoja. Akut ovat tyypillisesti vedenpitäviä ja ajoneuvon alustaan integroituja. Ne ovat vaikeasti saavutettavissa pelastushenkilöstölle (esimerkiksi sähköautojen lattian alla olevat akut tai sähköbussien katolle asennetut akkupaketit).

Suurjänniteakun sammuttamisessa pelastajat voivat hyödyntää akun kotelon sulaneita tai heikentyneitä osia sammutusveden saamiseksi akun sisälle.

Mahdollisia pääsykohtia ovat: kaapelien ulostulot, lämmön aiheuttamat aukot tai muodonmuutokset sekä kotelon vauriot, erityisesti kun kotelo on valmistettu alumiinista (sulamispiste noin 660 °C).

Teräskoteloiden tapauksessa lämpövaikutuksesta aiheutunut lämpömuodonmuutos voi myös luoda sopivia aukkoja, joiden kautta vesi tai jäähdytysaineet voidaan ohjata lähemmäksi vaurioituneita kennoja.

Sama periaate pätee kevyisiin sähköisiin liikennevälineisiin (kuten sähköskoottereihin ja sähköpyöriin), joissa muoviset akkukotelot sulavat usein helpommin, mikä mahdollistaa nopeamman pääsyn kennoihin sammutus- tai jäähdytystoimenpiteitä varten.

Kaikki tähän mennessä tehdyt testit osoittavat, että pelastajille, jotka käsittelevät letkuja akkupaloa sammuttaessa, ei aiheudu sähköiskun vaaraa. Sammutusraivausta tehdessä kuitenkin on sähköiskun vaara. Siinä on ehdottomasti vältettävä kosketusta sähkökomponentteihin, koska palon näennäisestä sammumisesta huolimatta akussa voi olla vaarallisia jännitteitä.

Akun termisessä lämpökarkaamisessa syntyvä savu on tiheää, myrkyllistä ja syttyvää. Se heikentää näkyvyyttä ja vaikeuttaa pääsyä suljettuihin tiloihin. Nämä ominaisuudet tekevät sammutus- ja pelastustoimista erityisen hankalia ja vaarallisia pelastushenkilöstölle.

Akkupalon riskit pelastajille

Termisessä karkaamisessa syntyvän savun myrkyllisyyden (erityisesti fluorivety (HF) ja hiilimonoksidi (CO)) vuoksi pelastajien tulee varustautua erityisen hyvin myrkyllisiä aineita vastaan (asianmukaiset henkilönsuojaimet, mukaan lukien paineilmahengityslaitte).

Termisessä karkaamisessa syntyvän savun syttyvyyden vuoksi (erityisesti vedyn (H_2) ja metaanin (CH_4) takia) on varmistettava henkilöstön suojaus räjähdysriskiä vastaan, erityisesti kun työskennellään ajoneuvojen lähellä, suljetuissa tiloissa tai käytettäessä sammutuspeitteitä.

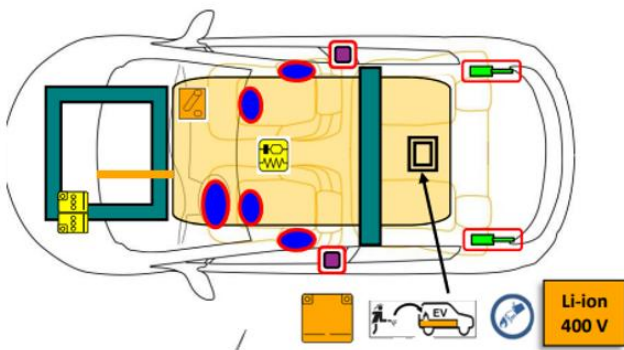
Termisen karkaamisen aikana ajoneuvon lähellä työskentelevien on suojauduttava kiivaita liekkejä ja sulan metallin roiskeita vastaan.

Termisessä lämpökarkaamisessa on mahdollista, että sylinterimäisiä kennoja sinkoutuu akusta (tämä on harvinaista sähköajoneuvoissa, mutta yleistä sähköpolkupyörissä/skoottereissa), pelastustyöntekijöille on varmistettava suoja mekaanisia iskuja vastaan.

Pelastajien käytettävissä olevat turvavarusteet

Vaikka ajoneuvovalmistajat ovat ottaneet huomioon pelastushenkilöstön sähköiskun vaaran toteuttamalla turvalaitteita (kuten turvapistokkeita, -silmukoita ja 12 voltin sulakkeita), samaa huomiota ei ole vielä kiinnitetty akun termisen karkaamisen ongelmaan.

Joissakin sähköajoneuvoissa on integroitu akkukoteloon reitti sammutus- ja jäähdytysvedelle, mitä kautta pelastajat voivat saada helpommin vettä suoraan akun sisälle.



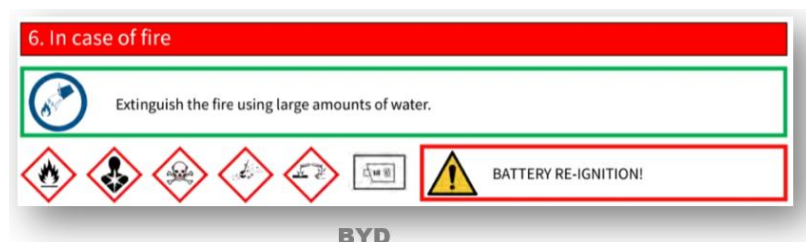
Renault fireman access

Ajoneuvovalmistajien ohjeet

Ajoneuvovalmistajien ohjeet sähköajoneuvojen palovaaroista on esitetty pelastuskortin luvussa 6.

6. In case of fire

Ohjeet ovat harvemmin yksityiskohtaisia. Ne keskittyvät yleensä yleisiin suosituksiin, jotka koskevat akun uudelleen syttymisen riskiä ja lämpökameroiden käyttöä mahdollisten kuumien kohtien seurantaan.



Akkupalojen sammuttamisen päätekniikat

Akun termisen karkaamisen ominaisuuksien perusteella monet pelastuslaitokset ja yritykset ovat kehittäneet erilaisia konsepteja akkupalojen sammuttamiseen.

Käsitlemme kolmea pääasiallista lähestymistapaa, jotka ovat

- ajoneuvon upottaminen veteen,
- sammuttaminen vedellä lävistämällä akkukotelo sekä
- sammutuspeitteiden käyttö.

Esittelemme kunkin lähestymistavan rajoitukset ja vaatimukset.

Näiden tekniikoiden esittely ei tarkoita, että ne olisivat aina vaikuttavia tai tehokkaita.

Ajoneuvon upottaminen

Akun upottaminen on yksi tehokkaimmista tekniikoista termisen karkaamisen hallitsemiseksi.

Pienemmät akut ovat helppoja upottaa, mutta sähköauton upottaminen on paljon monimutkaisempaa, koska kyseessä ovat autoihin integroidut akkupaketit. Tästä huolimatta useat pelastuslaitokset ovat ottaneet upotustekniikan käyttöön sähköautopaloissa.

Upotusta varten tarvitaan upotusallas, joka joko kasataan paikan päällä tarpeen mukaan, valmistetaan etukäteen osaksi kalustoa (vaihtolavat) tai hankitaan yhteistyössä ulkoisten organisaatioiden kanssa (esimerkiksi hinausyritykset, joilla on vaihtolavakalustoa).



Huomioita auton upottamista koskevaan tekniikkaan

Upottamiseen tarvitaan usein upotusastian lisäksi lisälaitteita, kuten nostamis- tai hinausvälineitä.

Auton upottaminen on monimutkainen operaatio, joka vaatii huolellista suunnittelua, koordinointia ja riittäviä resursseja.

Upotusoperaatiot, joissa pelastajat joutuvat suoraan kosketuksiin ajoneuvon kanssa, on suoritettava vain, jos liekkejä ei ole. Tämä operatiivinen rajoitus tarkoittaa, että

upotustoimenpide pitää tehdä oikeassa vaiheessa ja se voi vaatia ensin muita sammutustoimenpiteitä.

Upotustekniikan käyttöönottoa varten jonkin seuraavista ehdoista tulee täyttyä:

- Toimenpide toteutetaan termisen karkaamisen vaiheessa, missä ei ole liekkejä, tyypillisesti termisen karkaamisen alkuvaiheessa.
- Ennen upotusta tehdään paloa rajoittavia ja hidastavia sammutus- ja viilennystoimenpiteitä (esim. ulkoinen sammuttaminen sammutussuihkulla) termisen karkaamisen hillitsemiseksi.
- Toimenpide toteutetaan termisen karkaamisen lopussa tai päätyttyä, kun reaktio on hidastunut ja lämpötilat laskeneet.

Todellisuudessa pelastustoimen vasteaikojen vuoksi ensimmäinen skenaario (toimenpide tehdään termisen karkaamisen alussa ilman näkyviä liekkejä) on erittäin epätodennäköinen.

Upotuskontissa olevan ajoneuvon käsittely toimenpiteen jälkeen voi aiheuttaa merkittäviä ongelmia esimerkiksi kuljetuslogistiikassa, varastointipaikassa ja myöhemmässä ajoneuvon käsittelyssä.

Upotuskontissa käytetty vesi on myrkyllistä ja se pitää käsitellä asianmukaisesti. Usein joudutaan käyttämään vaarallisiin aineisiin erikoistuneen yrityksen palveluja, joista syntyy kustannuksia.

Ajoneuvojen upotustekniikoiden käyttö on yleensä rajoitettu kevyisiin sähköisiin liikennevälineisiin (kuten sähköskoottereihin ja -polkupyöriin) ja henkilöautoihin, eikä se sovellu suurempiin ajoneuvoihin, kuten kuorma-autoihin, linja-autoihin tai muihin raskaisiin ajoneuvoihin.

Akun upottamisen tehokkuus riippuu veden kyvystä tunkeutua akun koteloon. Akun rakenne (sisältääkö se yhden vai useamman moduulin) ja/tai sen vaurioaste tai muodonmuutos ovat keskeisiä tekijöitä, jotka vaikuttavat siihen, miten hyvin vesi pääsee tunkeutumaan akkuun.

Jos vesi ei pääse akun sisälle, upottaminen voi olla tehotonta ja upotusaika voi olla useita päiviä tai jopa viikkoja.

Upottaminen ei takaa, että terminen karkaaminen ei jatku tai käynnisty uudelleen jossain kohtaa akkua, kun akku otetaan pois vedestä.

Uudelleen syttyminen tapahtuu usein ajoneuvon siirron jälkeen (esimerkiksi hinauksen tai pelastustoimenpiteiden aikana). Akun tärinä ja liikuttaminen voivat aiheuttaa oikosulun vaurioituneiden kennojen koskettaessa toisiinsa ja/tai kotelon sisälle jääneen veden takia.

Ainoastaan kaikkien kennojen täydellinen upottaminen voi estää tämän ilmiön tehokkaasti.

Sammuttaminen vedellä lävistämällä akkukotelo

Koska vesi on tehokas sammutus- ja jäähdytysaine, mutta sitä on vaikea saada suljettuihin akkukoteloihin, on kehitetty useita akkujen lävistyslaitteita, jotka helpottavat veden saamista akun sisälle.

Jotkut laitteista ovat manuaalisia, kun taas toiset käyttävät konevoimaa. Laitteet mahdollistavat akkukotelon hallitun lävistyksen.

Tässä esimerkkejä akunlävistyslaitteista:



COBRA ColdCut

<https://www.coldcutsystems.com/handling-of-lithium-ion-fires/>



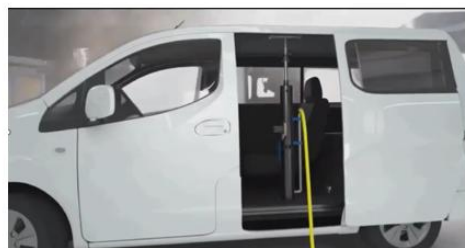
Murer

https://www.murer-feuerschutz.de/e-loeschlanze/index_en.php



Rosenbauer

<https://www.rosenbauer.com/en/products/fire-fighting-systems-and-body-components/rfc-battery-extinguishing-system>



AVL Stingray One

<https://www.avl.com/en/testing-solutions/e-mobility-testing/battery-testing/avl-stingray-one>

TYÖVÄLINE	Läpäisymetodi	Läpäisyyn käytettävä voima	Läpäisy-suunta	Käytön mahdollisuudet	Pelastajien altistuminen valmisteluissa	Pelastajien altistuminen läpäistäessä	Pelastajien altistuminen sammuttaessa
COBRA ColdCut	Korkeapainevesi	Hydraulinen	Päältä				
AVL Stingray One	Lävistäminen piikillä	Paineilma	Päältä				
Murer	Lävistäminen piikillä	Manuaalinen	Päältä				
Rosenbauer	Lävistäminen piikillä	Paineilma	Alta				

Huomioita akun lävistystekniikoihin

Ottaen huomioon sähköautojen akkujen kapasiteetin (joka voi olla yli 100 kWh) ja siitä johtuvat sähköiset riskit, on varmistettava, että lävistyslaitteen valmistajan mukaan pelastajien on turvallista käyttää laitetta kaikissa vallitsevissa sääolosuhteissa (sade, lumi, sumu).

On tarpeen määrittää ne kohteet ja onnettomuustyytit, missä työkalut ovat tehokkaita (sähköautot, sähköbussit, sähkötrukit, eristetyt akut jne.).

Lävistyslaitteiden käyttö edellyttää pelastajien fyysistä läsnäoloa ajoneuvon lähellä sekä laitteiden asennuksen aikana että joissakin tapauksissa koko lävistys ja sammutusvaiheen ajan. Tämä edellyttää, että ajoneuvon ympärillä ei ole liekkejä. Tämä toimintarajoite tarkoittaa, että lävistäminen on ajoitettava samaan tapaan kuin upottaminen rauhallisessa termisen karkaamisen vaiheessa tai sen jälkeen (ks. tarkemmin kohdasta upottaminen).

Kaikissa toimintavaiheissa, joissa pelastajat ovat suorassa kosketuksessa ajoneuvoon, paikalla välittömässä valmiudessa pitää olla suojasuihku pelastajien suojaamista varten, jos tapahtuu äkillinen syttyminen.

Akun kotelon lävistys, erityisesti jäykillä tai mekaanisilla lävistimillä, voi käynnistää termisen karkaamisen.

Akun rakenteesta (useita moduuleja) ja/tai ajoneuvon kokoonpanosta (useita akkuja) riippuen voi olla tarpeen suorittaa akun lävistyksiä useissa kohdissa, jotta vesi pääsee tunkeutumaan tehokkaasti ja sammutus onnistuu.

Työkalut, jotka on suunniteltu akkujen lävistämiseen alustan alta, eivät välttämättä mahdu ajoneuvon alle, jos renkaat ovat puhjenneet, mikä tapahtuu usein ajoneuvopaloissa.

Veden saaminen akun sisälle ei välttämättä pysäytä tai sammuta termistä karkaamista tai takaa, että terminen karkaaminen ei ala uudelleen.

Kuten aiemmin upotustekniikoiden yhteydessä todettiin, uudelleen syttyminen tapahtuu usein, kun ajoneuvoa siirretään tai varastoidaan tilanteen jälkeen.

Sammutinleikkuritekniikan (ultra-high-pressure device) haittana on suuri määrä vaarallisia aineita, jotka päätyvät pääasiassa sammutusveteen. Mittaukset osoittavat, että korkeapainevesimenetelmä voi vapauttaa akusta enemmän haitallisia aineita, etenkin raskasmetalleja kuten kobolttia ja nikkeliä, kuin muut sammutusmenetelmät.

Sammutuspeite

Sammutuspeitteitten käyttö ei ole menetelmä termisen karkaamisen sammuttamiseksi, mutta sitä voidaan käyttää termisen karkaamisen kohteeksi joutuneessa ajoneuvossa

- palon leviämisen estämiseen esimerkiksi viereisiin ajoneuvoihin ja
- hillitä savun leviämistä ja parantaa näkyvyyttä ahtaissa tiloissa ja
- paremman toimintaympäristön saamiseksi ajoneuvon ympärille.



Sammutuspeitettä voidaan käyttää myös suojaamaan viereistä ajoneuvoa palavan ajoneuvon vaikutuksilta ja estämään sen syttyminen tai akun termisen karkaamisen alkaminen.



Huomioita sammutuspeitteiden käytöstä

Kun sammutuspeitettä käytetään ajoneuvoissa, joissa on jo tapahtunut terminen karkaaminen, sen käyttö voi olla vaikeaa tai jopa mahdotonta ahtaissa tiloissa (muut ajoneuvot, esteet, parkkihallit), koska peitteen levittäminen vaatii tilaa, että koko auto saadaan peitettyä.

Palavissa ajoneuvoissa sammutuspeitteen pääasiallinen tarkoitus on hallita savun ja kuumien kaasujen virtausta sekä suojata läheistä ympäristöä lämpö- ja savuvaikutuksilta.

Kun peitettä käytetään ajoneuvossa, jossa on jo alkanut terminen karkaaminen, voi syttyvät kaasut kerääntyä peitteen alle ja aiheuttaa räjähdysvaaran peitteen alla tai peitettä poistettaessa.

Viereisen auton peittäminen sammutuspeitteellä, antaa tehokkaan suojan lämpöä, syttymistä ja termisen karkaamisen dominoefektiä vastaan.

* <https://www.evfiresafe.com/post/ev-fire-blanket-explosion>

Termisen karkaamisen hallinta pelastustoimen kalustolla

Pelastustoimen olemassa olevaa kalustoa voidaan käyttää sähköautopalon sammuttamiseen. On kuitenkin käytettävä sellaisia sammutusmenetelmiä, mitkä huomioivat aiemmin mainitut korkeajänniteakkupalon erityispiirteet ja vaarat. Toiminnassa on erittäin tärkeää huomioida pelastajien turvallisuus ja on käytettävä asianmukaisia suojaimia lämpö-, myrkyllisyys-, räjähdys- ja sähköturvallisuusriskejä vastaan.

Sähköautopalossa on kaksi pääskenaariota, joiden sammuttamisessa on erilainen taktiikka.

2 tapausta



Sähköautopalo ilman termistä karkaamista (akkupaloa)

=> **estä** termisen karkaamisen syntyminen



Sähköauton akkupalo

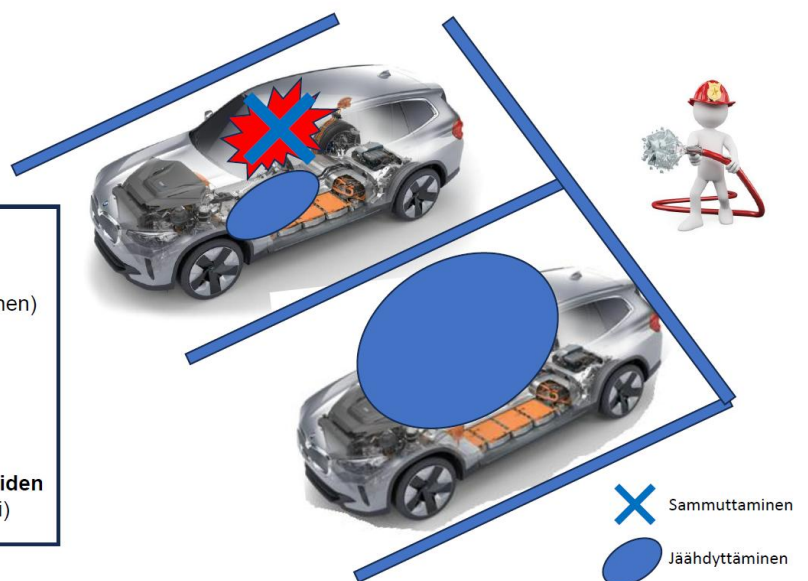
=> **yritä** pysäyttää terminen karkaaminen jäähdyttämällä

=> **estä palonleviäminen**

Ensimmäisessä tapauksessa on sähköautopalo ilman termistä karkaamista. Siinä toimitaan seuraavalla tavalla.

SÄHKÖAJONEUVOPALO ILMAN AKKUPALOA

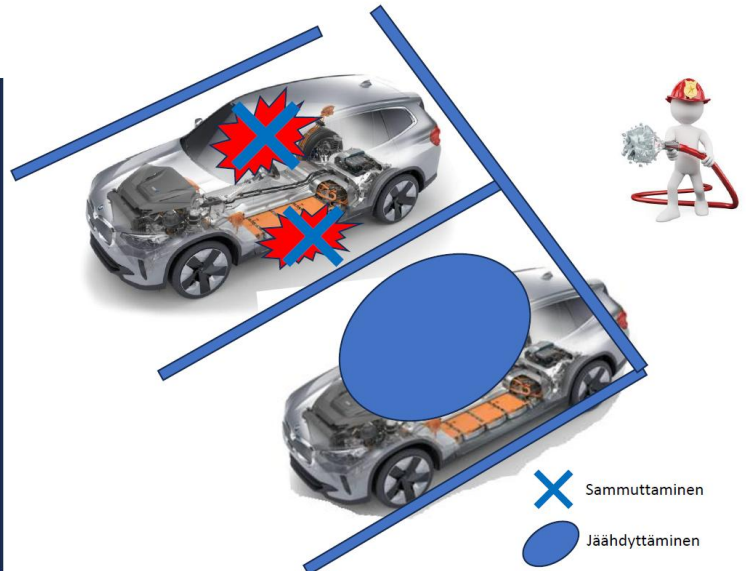
- Suojaa pelastajat (paineilmalaite)
- Suojaa ympäristö (ihmiset, esim. savun leviäminen)
- Sammuta ajoneuvopalo
- Estä termisen karkaamisen syntyminen jäähdyttämällä akkua
- Jäähdytä viereisiä ajoneuvoja, jos on vaara niiden akkujen termiselle karkaamiselle (dominoefekti)



Toisessa tapauksessa kyseessä on sähköajoneuvon akkupalo, missä toimitaan seuraavalla tavalla:

SÄHKÖAJONEUVON AKKUPALO

- Suojaa pelastajat (paineilmalaite)
- Suojaa ympäristö (ihmiset, esim. savun leviäminen)
- Sammuta ajoneuvopalo
- **Palavan akun sammuttaminen**, jos tehokas sammutus mahdollista
- Jos **sammuttaminen ei tehokasta**, lopeta sammuttaminen ja anna palaa
- Jäähdytä viereisiä ajoneuvoja, jos on vaara niiden akkujen termiselle karkaamiselle (dominoefekti)
- **HUOM!** Jos terminen karkaaminen tapahtuu « savua ilman liekkiä » huomioi räjähtämisen vaara
- Huomioi akun uudelleensyttymisen vaara



Huomioi aina seuraavat seikat taktiikan valinnassa!

AKUN PALAMISAIKA (vapaasti palaessa) TERMISEN KÄYNNISTYMISEN JÄLKEEN ON NOIN 30 MINUUTTIA. HYVIN HARVOIN YLI 1 TUNTI!

=> **Resurssien ja riskien tasapaino <=> onnistuneet sammuttamisen mahdollisuus**

Sähköajoneuvojen sammuttamisessa pitää noudattaa seuraavaa toimintaohjetta.



Voimakas sammutushyökkäys ajoneuvoon sumusuihkulla min 125 l/min



Suoralla suihkulla sammuttaminen (virtaus min 125 l/min) liekkien ulostulokohtaan (mahdollinen kohta saada vettä akkuun sisälle)



Jos sammuttaminen ei ole tehokasta => lopeta sammutus ja anna akun palaa

Suojaa ympäristö ja estä viereisten ajoneuvojen akkujen termisen karkaamisen käynnistymisen jäähdyttämällä niitä.

Kokemus osoittaa, että kun akkupaloa on yritetty sammuttaa 10 minuuttia kahdella sammutussuihkulla (2500 litraa vettä) ilman merkittävää tulosta, voidaan antaa palaa.



Sammutushyökkäyksen vaikuttavuutta voidaan seurata lämpökameralla, joka kohdistetaan akkukoteloon. Keskeinen indikaattori on akun lämpötilan lasku (ΔT°) ajan kuluessa, ei niinkään absoluuttinen lämpötila itsessään.

Termisen karkaamisen kehittyminen, voimakkuus, sammuttaminen jne. on esitetty videolla, jonka voit katsoa qr-koodista tai linkistä. Video on kuvattu Ranskassa toukokuussa 2024 suoritettujen testien aikana.



<https://youtu.be/rg8k4zyqu4M>

Huom! Videon lopussa lävistystyökalulla suoritettu testi on toteutettu prototyyppityökalulla. Laitteella saatuja tietoja ei voida yleistää koskemaan kaikkia olemassa olevia lävistystyökaluja.

Seuraavaksi muutamia erityistilanteita.



Sähköajoneuvopalo latauksen aikana

Aloitetaan sammutus vain, jos latauspisteen sähkövirta voidaan katkaista

- latauspisteen hätäpysäytyspainikkeella
- Katkaisemalla virrat koko latausasemasta

Jos sähkövirtaa ei saada pois => suojataan ympäristöä ja annetaan palaa



Sähköbussipalo

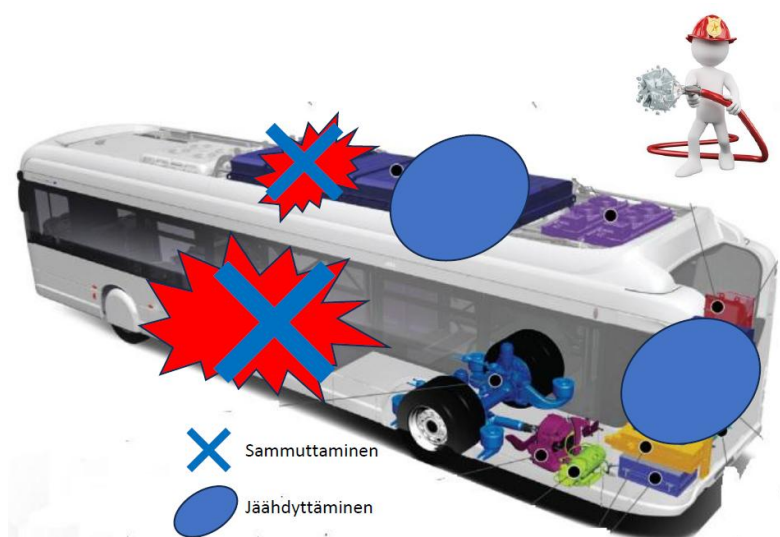
HUOM! Korkeajänniteakut bussin katolla ovat painavat:
=> **palon aikana on vaara, että akut putoavat bussin rakenteiden heikentyessä**



Sammuttaminen tehdään kahden parin taktiikalla

1. pari => bussin sammuttaminen
2. pari => akkujen jäähdyttäminen ja sammuttaminen, jos mahdollista

Sähköbussi





Vetyajoneuvopalo

Sammutuksessa pääpaino vetysäiliön jäähdyttämisessä

Sammuttaminen tehdään **kahden parin taktiikalla**

1. pari => vetysäiliön jäähdytys
2. pari => ajoneuvon ja akkujen sammutus



Yllä mainittu kahden parin sammutustaktiikka on käyttökelpoinen niin sähkö kuin kaasukäyttöisille (LPG, CNG, LNG, H₂) ajoneuvoille, kun pelastustoiminnassa huomioidaan kunkin energialähteen erityispiirteet.

Kahden parin sammutustaktiikassa tehdään tehokas sammutushyökkäys samanaikaisesti kahdella parilla kahta sammutussuihkua käyttäen.

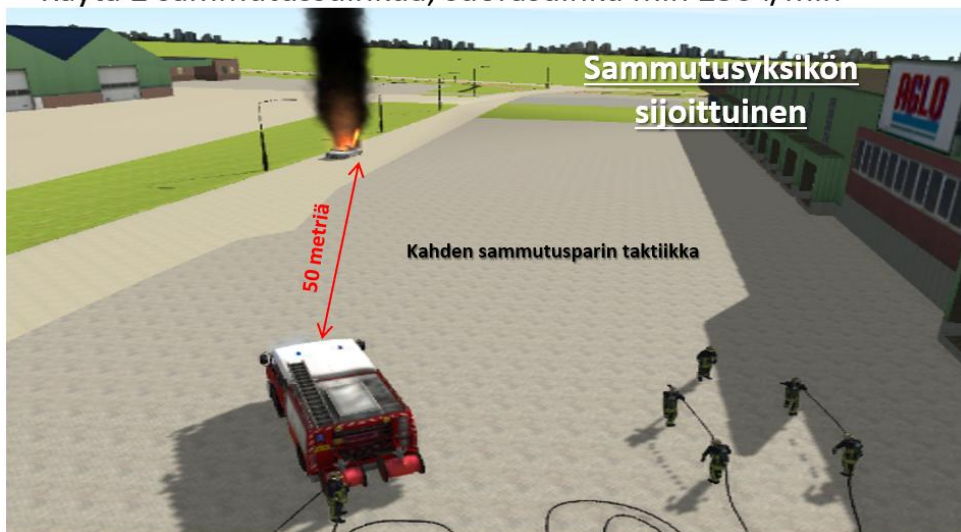
- 1. pari: energialähteen (kaasusäiliö tai korkeajänniteakku) jäähdyttäminen, tulipalon ja lämmön leviämisen estäminen, räjähdys- ja termisen karkaamisen vaaran pienentäminen.
- 2. pari: ajoneuvon sammuttaminen.

Seuraava kuvasarja esittää vaiheittain kahden sammutusparin taktiikan käyttämisen.

EV and Hybrid

LPG / LNG / CNG / H₂

- Pysäköi sammutusyksikkö noin 50 m päähän palavasta ajoneuvosta (pois savusta)
- Tee letkuselvitykset valmiiksi etäällä
- Käytä 2 sammutussuihkua, suorasuihku min 250 l/min



Sähköajoneuvo ja hybridi

Vety- ja kaasujoneuvo

- Sammutushyökkäys tehdään viistosti ajoneuvon etukulmasta päin
- Molemmat parit tekevät sammutushyökkäyksen samasta suunnasta
- Suorasuihku 2 suihkulla 40 metrin päästä ja sumusuihku viimeisen 10 metrin aikana
- Älä mene ajoneuvon taka-akselin takapuolelle



Pysyttelemällä etupuolen suuntavilkkujen alueella, olet turvallisella alueella kaasusäiliön turvaventtiilin lauetessa



Vaara-alueet sijaitsevat ajoneuvon etu- ja takaosassa. Näille alueille voi lentää säiliön palasia räjähdysen sattuessa.



Pelastustoimen tulevaisuuden näkymät sähköajoneuvojen kehityksessä

Terminen karkaaminen: kohti parempaa akkujen vakautta.

Sähköajoneuvojen akkujen termisen karkaaminen on edelleen keskeinen riski pelastustoimelle ympäri maailmaa, erityisesti liikenneonnettomuustilanteissa ja niiden jälkeen.

Ongelmaan vaikuttamiseksi Euro NCAP on päättänyt sisällyttää testausprotokollansa seuraavat kriteerit:

Parempi akun vakaus termisen karkaamisen havaitsemisen jälkeen. Akkujen tulisi säilyttää vakaa lämpötila tietyn ajan (esim. 20, 40 tai 90 minuuttia) termisen karkaamisen käynnistymisen jälkeen.

Tämä vakaus varmistaisi, että pelastustoimi voi suorittaa turvallisesti uhrien pelastamisen liikenneonnettomuustilanteessa.

Termisen karkaamisen ilmoitus onnettomuustilanteessa:

Tieliikenneonnettomuuden sattuessa pelastustoimen tulee saada tieto, jos kolariautoissa on käynnistynyt terminen karkaaminen.

Ajoneuvon kojelaudassa olevan termisen karkaamisen merkkivalon tulisi olla selvästi näkyvissä pelastushenkilöstölle, jotta onnettomuuden vaatimat toimet voidaan arvioida nopeasti ja suorittaa turvallisesti.



Terminen karkaaminen: kohti parempaa havaitsemista ja hälytystä kaikissa tilanteissa.

Sähköajoneuvojen akkujen terminen karkaaminen on riski pelastustoimelle kaikissa toimintatilanteissa, mukaan lukien ajaminen, pysäköinti ja lataaminen.

Tämä laajentunut tietoisuus korostaa jatkuvan seurannan ja hälytysjärjestelmien tarvetta, jotta pelastushenkilöstö ja ajoneuvon käyttäjät saavat tiedon termisen karkaamisen käynnistymisestä ajoneuvon toimintatilasta riippumatta.

Sähköajoneuvojen turvallisuuden parantamiseksi kaikissa tilanteissa Euro NCAP on ottanut käyttöön seuraavat kriteerit testausprotokollissaan:

Pysäköitynä (lataus tai ei) ajoneuvon omistajalle ilmoitetaan havaituista riskeistä ajoneuvon yhdistettyyn puhelinsovellukseen, että terminen karkaaminen havaitaan välittömästi ja hätäkeskus saa tilanteesta tiedon mahdollisimman nopeasti. Samassa tilanteessa ääni- ja/tai varoitusvalo aktivoituu varoittamaan ajoneuvon välittömässä läheisyydessä olevia ihmisiä.

