

Håndtering av Litium-ion batterier

SfS Anbefalt praksis 050N/2022



SfS
Samarbeid for Sikkerhet

Utarbeidet av SfS Arbeidsgruppe: Mars 2022	Revisjon: Rev 00	SfS Prosjekt leder: <i>Hugo Halvorsen</i> Hugo Halvorsen (signature on file)
Gjelder fra dato: 15 juni 2022		Godkjent av Styret i SfS v/leder: <i>Hedyeh Malkamy</i> Hedyeh Malkamy (sign. on file)

Innhold

1. Innledning	3
2. Formål	3
3. Målgruppe	3
4. Bakgrunn og problemstilling	4
5. Risiko- og beredskaps analyse	5
6. Håndtering av brann og branntilløp	5
6.1 Risikonivåer – Batteribranner	6
6.2 Håndtering av brann og branntilløp på nivå 1	7
6.3 Håndtering av brann og branntilløp på nivå 2	7
6.4 Håndtering av brann og branntilløp på nivå 3 og 4	8
7. Kompetanse	10
8. Referanser og lenker	12
9. Forkortelser	13
Vedlegg 1 Batterisystemer	14
Vedlegg 2 Thermal Runaway - Gassutvikling	15
Vedlegg 3 Regelverk	16
Vedlegg 4 Opplæringsplaner	18
Vedlegg 5 Forskjellige Litium-ion batterikjemier	19

1. Innledning

Installasjon og bruk av litium-ion batteri teknologi har eskalert kraftig de siste årene for å møte miljøkravene om redusert utslipp. Områder som ser økt anvendelse er typisk ny energi, og ulike hybridløsninger i skips og petroleums virksomhet. Denne økte bruken av litium-ion batterier har imidlertid ført til flere uønskede hendelser, spesielt på etter-installasjon av batteripakker. Det er derfor behov for økt kompetanse og videre utvikling av regelverk som ivaretar design, konstruksjon, drift, beredskap og brannbekjempelses løsninger.

En av de største utfordringene med litium-ion batterier er muligheten for «Thermal Runaway» (TRA) - en kraftig økning i temperaturen som kan gi brann i avgasser fra batteriet. En brann kan gi konsekvenser for personell som er satt til å drifte, overvåke og håndtere uønskede hendelser, der litium-ion batteri(er) inngår.

Det finnes flere litium-ion batteri kjemier (se Vedlegg 5) og disse har forskjellige egenskaper. Selv om noen kjemier er mer motstandsdyktige mot thermal runaway, gir alle store røyk og gass problemer som må håndteres. Siden både brann og røyk/gass problematikken er forskjellig fra vanlige branner, er det behov for å øke den generelle kompetansen på dette området.

På bestilling fra Ptil har DNV laget en omfattende rapport¹ som kartlegger risikoforhold knyttet til bruk av litium-ion batterier. DNV rapporten foreslår tiltak for å redusere risikoen og bør gjennomgås grundig av alle som planlegger å bruke eller allerede bruker slike batteripakker. Rapporten inneholder også en gjennomgang av Ptils regelverk med forslag for forbedringer.

2. Formål

Formålet med denne anbefalingen er å bidra til økt kompetanse relatert til problemstillinger knyttet til sikker installasjon og bruk av litium-ion batteriteknologi i petroleumsindustrien og maritim virksomhet.

Anbefalingen er generisk for en brann med de vanligste litium-ion batteriene på markedet når denne anbefalingen ble publisert. Videre, anbefalingen skiller ikke mellom batterier der hver enkelt celle har passiv brannbeskyttelse og batterier der kun hver modul har passiv brannbeskyttelse. Se vedlegg 1.

3. Målgruppe

Målgruppen for denne anbefalingen er alle som planlegger, installerer, organiserer, har ansvar for eller utfører arbeid på eller har beredskapsoppgaver relatert til litium-ion batteripakker og større energi lagringsløsninger. Dette omfatter også personell på on- og offshoreanlegg eller på installasjoner som ikke har egne batteripakker, men samhandler med fartøy/flyttbare innretninger som har batteripakker om bord.

4. Bakgrunn og problemstilling

Som en del av det grønne skiftet har det vært en økende trend med installasjon av litium-ion batterier som energikilde til ulike formål som fremdrift og manøvrering av fartøy og batteri back-up løsninger på offshore innretninger. Slike installasjoner krever kompetanse på flere områder for å kunne levere sikker drift og korrekt vedlikehold. Videre kreves det kompetanse til å analysere og forstå data fra normal drift, ladning/ utladning slik at uønskede hendelser kan forebygges . Vedlegg 1 viser oppbygningen av et typisk batterisystem.

Design og layout av batterirom må ta hensyn. til en rekke faktorer: fuktighet, salt, vibrasjoner, elektromagnetisk stråling og høyspenningsanlegg, kjøling og ventilasjon under normal- og i nød drift modus. Videre må barrierer til annen farlig last/oppbevaring og effekten av høye temperaturer ved brann hensyntas (kan være stålsmeltende). Disse sikkerhetskravene gjelder også for retrofit løsninger.

Det er avgjørende at battericellene har vært gjenstand for et anerkjent og kvalitetssikret produksjons løp, samt der Energy Management System (EMS) og Battery Management System (BMS) er testet og driftet på en måte som sikrer at kommunikasjon, overvåknings- og sikkerhetssystemer er operative til enhver tid.

Større batterisystemer plasseres som regel i egne i batterirom med komponenter og funksjoner nødvendige for å holde batterisystemet intakt. Den største risikoen til de vanligste litium-ion batterikjemiene er at de varmes opp slik at en eksoterm reaksjon (Thermal Runaway) i battericellene starter - for eksempel dersom kontrollsystemene svikter. Dette er en selvforsterkende effekt som fører til rask temperaturøkning og gassutvikling (se vedlegg 2).

En Thermal Runaway brann krever en utvidet analytisk og teknisk kompetanse, spesielt med tanke på temperaturutvikling, giftige avgasser, mulighet for brann og eksplosjon. Bruk av personlig verneutstyr og tilstedeværelse av HVAC vil være viktige faktorer, inkludert Arbeid Under Spenning (AUS) utstyr, riktige type slukke midler og kapasitet. Det må implementeres tilstrekkelig tid og ressurser til familiarisering, overlapping, tekniske og beredskaps øvelser.

Det er viktig å være klar over at det finnes litium-ion batterier med en oppbygging og kjemi (for eksempel LFP batterier med passiv brannbeskyttelse på cellenivå– se vedlegg 1 og 5) som ikke medfører brann ved TRA under testbetingelsene definert i internasjonale standarder (UL og IEC). Eksplosiv og giftige avgasser og røyk må likevel håndteres. Merk at slike batterier også inneholder brennbart materiale, og vil brenne hvis de blir eksponert for eksterne flammer.

Sikkerhetsbemanning og brannlag må også kunne ivareta egen sikkerhet.

5. Risiko- og beredskaps analyse

Det ansvarlige selskapet skal velge tekniske, operasjonelle og organisatoriske løsninger som reduserer sannsynligheten for at det oppstår skade, feil og fare- og ulykkes-situasjoner. Et grunnleggende krav^{3,6} ved valg av nye tekniske løsninger, inkludert installasjon av batteripakker, er at det blir foretatt en helhetlig risikoanalyse som ivaretar design og konstruksjon. En slik analyse innebærer utførelse av FMEA. Analysene skal oppdateres ved alle endringer som kan påvirke risikoforholdene, inkludert software-oppdateringer. Relevant regelverk er detaljert i Vedlegg 3.

Beredskapsanalyser skal utføres og inngå som en del av beslutningsgrunnlaget blant annet når en skal definere fare- og ulykkesituasjoner (DFU). Installasjon av litium ion batterianlegg vil medføre en risiko for fare- og ulykkesituasjoner som må ivaretas gjennom en eller flere DFU (er). Alle relevante situasjoner som kan oppstå i batterianlegget må vurderes for å sikre egnede tiltak.

Risiko- og beredskapsanalysene skal samlet sett gi beslutningsunderlag som sikrer at robuste løsninger velges for å ta ned risiko og mulige konsekvenser gitt en hendelse i et litium-ion batteri system. Beredskapen må også dimensjoneres og trenes ut fra resultatene av analysene. Et sentralt tema for slike batterianlegg er hvilke design kriterier i forhold til potensielle brann- og eksplosjonslaster skal legges til grunn. Det må også sikres at den potensielle effekten på hele innretningen/skipet ved en hendelse er håndterbar og at eskalerings risikoen er vurdert. Et eksempel på andre forhold som må ivaretas av analysene er områder for utlufting fra batterirom sikre at det er tilstrekkelig antall luftutskiftninger samt at personell unngår eksponering av eventuelle gasser/avgasser i en Thermal Runaway situasjon.



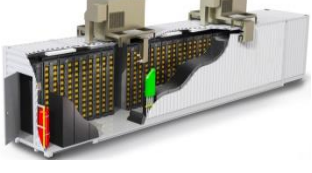

6. Håndtering av brann og branntilløp

DNV rapporten¹ foreslår en rekke tekniske og operasjonelle tiltak som både kan redusere sannsynlighet for og konsekvens av Thermal Runaway. Dersom en uønsket hendelse likevel skulle inntreffe, er det viktig at alt involvert personell har tilstrekkelig kompetanse og trening som gjør dem i stand til å håndtere situasjonen på en på forhånd etablert DFU som i grove trekk beskriver hva en skal og ikke skal gjøre i en slik situasjon.

For lettere å kunne definere farepotensialet ved brann i litium-ion batterier kan vi dele denne type brann inn i fire risikonivåer, fra små batteribranner til store komplekse batteribranner. Det som skiller de ulike risikonivåene, er hovedsakelig størrelsen på batteripakken/-systemet og plasseringen av denne.. Den største faren ved en batteribrann er når gass fra batteriene får muligheten til å kunne akkumuleres og dermed kunne danne en giftig og eksplosiv atmosfære. Ved å bruke disse nivåene kan HRS, beredskapsledelsen og involvert innsatspersonell definere og få en felles forståelse for hvilke risikoer som er til stede og hvilke tiltak som bør iverksettes for å begrense eller hindre en utvikling til en større hendelse.

6.1 Risikonivåer – Batteribranner

Figuren nedenfor er utviklet av Bergen Brannvesen og Oilcomp AS og viser de 4 risikonivåene ved brann i litium-ion batterier. Denne inndelingen er også brukt i DSB rapporten⁹

			
Nivå 1	Nivå 2	Nivå 3	Nivå 4
Brann i mindre litium-ion batterier	Brann i større litium-ion batterier	Brann i større litium-ion batterier i lukket rom ESS på dekk	Brann i større litium-ion batterier integrert under dekk på Skip eller Innretning
<ul style="list-style-type: none"> > Mobiltelefon > PC > Sambands utstyr > El-sykkel/ sparkesykkel 	<ul style="list-style-type: none"> > El. Truck/bil > ROV > Kraner > Livbåt > Dykker-klokke > UPS 	<ul style="list-style-type: none"> > Energi lagring kontainer (ESS: Energy Storage System) > Større UPS systemer > ROV, El. truck, El. bil i lukkede rom 	<ul style="list-style-type: none"> > Bygg/installasjoner med store batteri-bank systemer > Helelektrisk eller hybrid på fartøy
Lav risiko	Lav til middels risiko	Middels til høy risiko	Høy risiko

Det går et markant skille mellom risikonivå 2 og risikonivå 3, hvor vi ser at risikoen og konsekvensen ved en batteribrann øker betydelig når man gir røykgassene muligheten for å kunne samles. Branner på nivå 2, f. eks i livbåter, kraner og El-truck, vil også kunne gi utfordringer og vil kreve opplæring og annerledes håndtering enn «vanlige» branner.

Batteribranner i risikonivå 3 og risikonivå 4 krever en ekstra forståelse for hvordan en brann vil kunne utarte seg, og hvordan man skal tilnærme seg en slik type brann.

6.2 Håndtering av brann og branntilløp på nivå 1

Litium-ion batterier kan spontant ventilere mye gass, og selvantenne, uten forvarsel. Videre kan de brenne over lengre tid enn vanlige materialer. Inhalasjon av brannrøyk og spredningsfare er dermed de to største risikoelementene i forbindelse med brann på nivå 1.

Når det gjelder slokking er vann et godt egnet slökkemiddel for å slokke mindre batteribranner. Fordi litium-ion branner er vanskelige å slokke, må en bruke rikelige mengder med vann – eller putte i en beholder med vann hvis mulig. En kan godt bruke saltvann i beholderen da det både kjøler og utlader batteriet. Andre slökkemidler som skum, pulver og branntepper kan også benyttes, men de vil ha en lavere kjøleeffekt.

6.3 Håndtering av brann og branntilløp på nivå 2

Utfordringene med brann og branntilløp på nivå 2 er langt på vei de samme som for nivå 1 branner. Men, størrelsen på batteri og den enheten det er plassert i, gjør at det ikke er like lett å dekke til med branntepper eller senke ned i en beholder med vann. Større gassmengder og høyere spenning må også håndteres.

Senking av bil ned i åpne containere fylt med vann har vist seg å være den foretrukne løsningen for slokking av brann i el-biler. Tilsvarende løsninger, evt. midlertidig senking/dropping av utstyr ned i havet for litium-ion drevet utstyr plassert på skip eller andre innretninger offshore, må vurderes og være med i beredskapsanalysene. Der det ikke er mulig kan bruk av spesial branntepper og tilgang til slukking/kjøling med ferskvann være aktuelt

For batteripakker som er tilknyttet eksterne strømkilder, bør lading avbrytes ved brann eller branntilløp. Hvis ikke ekstern strømkilde er brutt, skal brannen regnes som brann i strømførende installasjon og riktig verneutstyr (1000-volt hansker) må benyttes. Vær også obs på at kjøretøy/enheter som har vært utsatt for brann eller kollisjon kan selvantenne. Dersom slukking ikke lar seg gjøre må en vurdere å la det brenne ned (burn-down) og dermed utlade all energi. Den høye temperaturen som utvikles ved en litium-ion brann tilsier at en bør kjøle ned og trekke vekk/fjerne enheten minst 10m vekk fra annet brennbart materiale for å unngå brannspredning.

Når det gjelder verneutstyr for nivå 2 branner kan være nødvendig med fullstendig åndedrettsvern-beskyttelse på grunn av store gassmengder. Bruk av vifter for å få kontroll på røyken bør også vurderes.

6.4 Håndtering av brann og branntilløp på nivå 3 og 4

Utenfor et batterirom som brenner, kan det være få tegn som gir informasjon til innsatspersonell om at det kan være en eksplosjonsfarlig atmosfære på innsiden av batterirommet. God kjennskap til alarmsystemer, slukkesystemer, ventilasjonssystem, sensorer og ventilasjonsmulighet i batterirommet er helt vesentlig kunnskap man må ha før man velger å gå i innsats på en nivå 3 eller 4 batteribrann.

Har man ikke denne kunnskapen frarådes det å åpne opp batterirommet for å prøve og slukke brannen. Videre kan manglende kompetanse også frarøve innsatspersonellet muligheten til å foreta slukkearbeid, om brannen i batterirommet skyldes en «tradisjonell» brann (eks. brann i plast eller annet brennbart materiale i batterirommet som ikke har med litium-ion batteri å gjøre).

Tabellene nedenfor lister opp tiltak for brann og branntilløp på nivå 3 og 4:

Anbefalte tiltak for å **forhindre brann**:

- Sjekk av ventilasjonssystem i batteriet og batterirom rutinemessig. NB: Tilstrekkelig ventilasjon er første prioritet for å forebygge eksplosjon og brannutvikling i batterirom eller container. Referanse 2 gir anbefalinger for beregning av nødvendig kapasitet for ventilasjon.
 - Ha gode prosedyrer for vedlikehold; inkludert luftfiltre i batterirom
 - Sørg for at batterirom har IP standard høyere enn 44 og hold det tørt og rent
 - Tren jevnlig på manuell nedstenging ved ulike unormale tilstander som en naturlig del av beredskapsøvelser.
 - Bruk adgangsbegrensning og foreta sikker jobb-analyse (SJA) for vedlikeholdsarbeid i batterirommet.
 - Operatøren skal ha kjennskap til parametere som er indikasjoner på et forløp til thermal runaway. Eksempler er stigende batteritemperatur, høy spenning og strøm, og gassutvikling.
 - Operatørene skal ha kjennskap til forutsetningene for sikker drift av batterisystemet. Dette kan være:
 - begrensninger for kraftuttak og karakteristikkk av påkoblet utstyr
 - mengde og type kjølevæske
 - ventilasjonsinnløp og -utslipp og dedikert utlufting fra batterikabinetter
- Ved modifikasjoner må risikoanalysen for batterisystemet gås gjennom for å sikre at antagelsene og resultatene fortsatt er gyldige.
- Ikke ha dører til batterirommet åpen lenger enn nødvendig.
 - Ikke oppbevar utstyr i batterirommet som kan lage gnister, brenne eller generere mye varme.
 - Vurder løftebegrensninger over og i nærheten av batterirom

Anbefalte tiltak ved tilløp til brann

- Forlat batterirommet og monitorer situasjonen utenfor rommet.
- Evakuer området utenfor ventilasjonsutløpet fra batterisystemet og batterirommet.
- Monitorer situasjonen og gjør klar for utløsning av slukkemiddel.
- Hold døren til batterirommet alltid lukket.
- Koble ut batterisystemet i tilfeller av bortfall av batterirommets og batteriets sikkerhets- og hjelpesystemer, ventilasjon og kjøling (vanligvis automatisk)
- Sørg for at batteriets kjølesystem er aktivert hvis det i utgangspunktet ikke er slått på.
- Alle forsøk på å gripe inn manuelt for å avverge brannen som innebærer tilstedeværelse i batterirommet frarådes.
- Ikke gå inn i batterirommet igjen før avgassen har blitt ventilert ut.
- Ved ekstern brann eller eksplosjon må prosedyrer følges for start av ekstern overrissing, intern væske/luft varmeveksler og nedstenging av batterisystemet for å unngå ytterligere oppvarming ved bruk. Batterisystemets kjølesystem må opprettholdes hvis mulig.

Anbefalte tiltak ved brann:

- Varsle internt og sende nødmelding ut til relevante beredskapssentraler. Skaff plantegning og vurder spredningsfare.
- Aktiver nødstop og slukkesystem*
- Skaff informasjon fra overvåkningssystemet (Battery Management System - BMS). Se etter endringer i batterisystemet slik som stigende temperaturer eller sensor brudd. (Dette gir informasjon om det er en akselererende situasjon i batterirommet eller om det er en mer stabil situasjon - Varmepåvirket batteri kan spontant selvantenne.)
- Overvåk andre hjelpesystemer slik som videoovervåkning, gass- eller temperatursensorer som kan være plassert i batterirommet.
- Overvåk eksosystem ut fra batterirommet. Pass på at røykgasser ikke ventileres til områder hvor personer kan oppholde seg.
- Overvåk gassventilering fra batterirommet. Er det gasslekkasje til tilstøtende rom? Unngå å tilføre oksygen om batterirommet er lukket.
- Overvåk varmespredning fra batterirommet.
- Ikke entre batterirommet før man har fullstendig oversikt over gasskonsentrasjonen i rommet. Benytt alltid fullstendig verneutstyr.
- Unngå berøring av batterier da disse er strømførende.
- Bruk av saltvann bør unngås i batterirommet og direkte på batterier
- Kortslutning i batteriinstallasjonen kan forekomme selv ved bruk av rent vann (vannet binder partikler som aske, sot, salter og metallpartikler som gjør det ledende, bruk store mengder vann)

* Merk at innretningsforskriften angir at slukkesystemer skal være automatiske mens forskrift for flyttbare innretninger⁸ legger til rette både automatisk og manuell utløsning basert på vurderinger. (Sdir sendte ut en egen presisering av dette 13.12.2019)

Anbefalte tiltak for å redusere konsekvens ved brann:

- Plasser batterirom på fartøy/innretning/anlegget slik at det vil i minst mulig grad vil kunne påvirke anleggets integritet gitt en brann eller eksplosjon.
- Sikre at ventilasjonen er beregnet tilstrekkelig robust og gjerne lagt opp med eget avkast, hvor man har fokus på plassering av tilluft og avkast (også i forhold til mønstringsstasjon), sikre at en får ventilert ut lette brennbare gasser ved å ha avkast plassert ved høypunkter, tak. Kapasitet på ventilasjon bør være slik at en forhindrer oppbygging av en tennbar atmosfære.
- Vurder å utstyre batterirommet med CCTV for å ha et best mulig grunnlag for ikke å eksponere innsatspersonell gitt en unormalsituasjon, være best mulig forberedt for den situasjon som evt. har inntruffet, og gi viktig info til de som skal håndterer situasjonen.
- Sett krav til produksjon og produktkvalitet av batteripakker^{19,20}, inkludert kjemi og avgasser. Sammen med kvalitetskontroll er dette viktige faktorer for å forebygge typisk «Thermal Runaway».
- Sette krav til at overoppheting av en litium-Ion battericelle ikke skal påvirke naboceller (Type 1 design --- unngå å få en intern propagering/eskalering av hendelsen) Batteri leverandør må dokumentere at det er utført Thermal Runaway tester på en slik måte at en intern overoppheting i en battericelle ikke skal «smitte over» og påvirke naboceller.
- Vurder å sette branncellekrav til batterirommet (A60 eller strengere), samt at rommet ikke skal inneholde andre typer utstyr eller bruk som i neste omgang kan påvirke utfall eller kunne starte en batterihendelse/-brann.
- Vurdere å installere spjeld som sikrer at en ikke får vakuump eller overtrykk i batterirom.
- Vurdere bruk av vanntåkeanlegg for å kunne holde batterirom nedkjølt.
- Sikre at batterirommet ikke blir påvirket gitt en ekstern brann.

7. Kompetanse

En viktig faktor ved valg av teknisk løsning, er den kompetansen leverandøren innehar, også sett opp mot regelverk, miljø, konstruksjon, design, brann og evakuerings systemer.

Som regel vil det være nødvendig å styrke intern kompetanse ved installering av nye batteripakker og det kan være avgjørende at leverandøren kan gi opplæring på det spesifikke systemet som installeres; se referanse 4 og 21.

Kompetanse om installasjon, drift og vedlikehold av batterisystemer er i liten grad inkludert i regelverks regulert grunnutdanning for maritime og elektrotekniske fag.

Behovet for kompetanse kommer alltid som følge av ny teknologi, og gapet mellom iverksettelse, regelverk og kompetanse blir en sikkerhetsutfordring som med grunnlag i eksisterende overordnet regelverk spesifikt må gripes fatt i for den enkelte installasjon. Disse analysene vil så kunne danne grunnlag, helst parallelt med «det

grønne skiftet» for et felles kompetansekrav. Til det skjer blir det ekstra viktig at de som skal drifte og vedlikeholde batterisystemer får god grunnopplæring om batterisystemer i tillegg til innretnings- / skips- utstyrsspesifikk opplæring gitt av systemleverandøren. Dette vil i neste omgang danne grunnlag for etablering av en egen DFU som i grove trekk beskriver beredskapsopplæring og trening av innsatspersonell.

Følgende områder må være godt dekket i den utstyrsspesifikke opplæringen:

Kompetanse – Drift og vedlikehold av batterisystemer:

- Energy Management System (EMS)
- Battery Management System (BMS).
- Drift og vedlikehold av batterisystem
- Digital informasjon analysering
- Manuell operasjon av kritiske komponenter

Kompetanse om virkemåte, risiko, sikkerhet og beredskap

- Oppbyggingen av batterimoduler - vannkjølte og luftkjølte.
- Oppbygging og funksjon av kontrollenheter og barrierer.
- Kommunikasjon mellom tavle, BMS, batterimoduler og kontrollenheter.
- Cellebalanse, min/maks volt kalkulere/kalibrere, lade balanse og kople inn og ut
- Faremomenter ved arbeid på eller nær batterisystemer.
- Risikoforståelse ved en thermal runaway og påfølgende prosesser i håndtering av denne
- Kunnskap om håndtering av en brann i et litium-ion-batteri basert på risikonivåer
- Kunnskap om hva som skiller en litium-ion batteribrann fra konvensjonelle branner
- BMS funksjon, med overvåking, alarm og grenseverdier

Etter grunnopplæring og utstyrsspesifikk opplæring må det implementeres og gis tilstrekkelig tid for familiarisering. I tillegg til økt kompetanse hos de som skal drifte og vedlikeholde anlegget vil det være nødvendig å gi nødvendig kompetanse til , søk og redning – dette fordi en batteribrann må håndteres på en helt annet måte enn de branner en tradisjonelt har trent og øvd på.

Videre vil det være behov for økt kompetanse på drift av mer komplekse systemer; batteripakkene blir ofte en integrert del av den totale energi leveranse behovet for installasjon eller fartøy.. For større batteri energi systemer vil kompetansefor å sikre at anlegget har tilstrekkelig cybersecurity¹⁸. måtte hensyntas i design, opplæring og betjening.

Et eksempel på opplæringsplaner er vist i vedlegg 5. Kurs som dekker kursplanene 1-3 er allerede kommersielt tilgjengelige og kurs som dekker kursplanene 4-5 vil bli tilgjengelige våren 2022.

8. Referanser og lenker

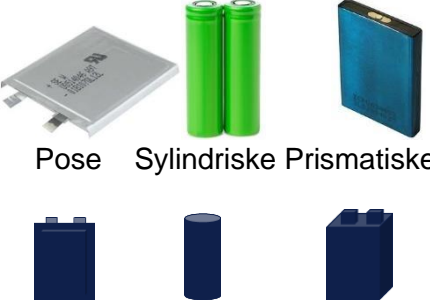
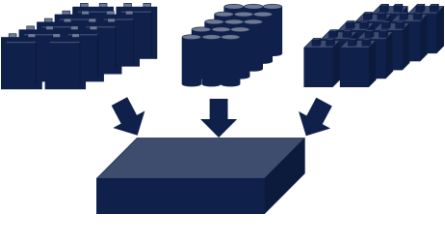


1. Sikker bruk av litium-ion batterier i petroleumsnæringen. Rapportnr.: 2020-0778, Rev 1. DNV-GL
2. DNV MARITIME BATTERY SAFETY Technical Reference for Lithium-ion Battery Explosion Risk and Fire Suppression
3. Forskrift om styring og opplysningsplikt i petroleumsvirksomheten og på enkelte landanlegg (Styringsforskriften)
4. Forskrift om utføring av aktiviteter i petroleumsvirksomheten (Aktivitetsforskriften)
5. Forskrift om tekniske og operasjonelle forhold på landanlegg i petroleumsvirksomheten
6. Forskrift om risikoanalyse for flyttbare innretninger
7. Forskrift om bygging av flyttbare innretninger
8. Forskrift om sikringstiltak mot brann og eksplosjon på flyttbare innretninger
9. DSB veileder: Risikovurdering og håndtering av brann i litium-ion batterier
10. Sdir. Veiledning om kjemiske lager for energi - maritime batterisystemer
11. Forskrift om sikkerhetsstyringssystem for norske skip og flyttbare innretninger
12. Lov om skipssikkerhet (skipssikkerhetsloven)
13. Forskrift om arbeidsmiljø, sikkerhet og helse for de som har sitt arbeid om bord
14. Forskrift om kvalifikasjoner og sertifikater for sjøfolk
15. Forskrift om driftsordninger på norske skip
16. Forskrift om maritime elektriske anlegg
17. Forskrift om sikkerhet ved arbeid i og drift av elektriske anlegg.
18. ISM Resolution MSC.428(98) Maritime Cyber Risk Management in Safety Management Systems
19. IEC standard 62619 Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes - Safety requirements for secondary lithium cells and batteries, for use in industrial applications
20. ULA 9540 A Testing the fire safety hazards associated with propagating thermal runaway within battery systems.
21. SDIR: Veiledning til krav til opplæring om kjemiske lager for energi (maritime batterisystemer) om bord i norske skip

9. Forkortelser

DFU	Definert Fare- og Ulykkessituasjon
DSB	Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap
FMEA	Failure Mode & Effects Analysis
HRS	Hovedredningssentralen
ILO	International Labour Organization
IMO	International Maritime Organization
ISM	The International Safety Management Code
ISPS	International Ship and Port Facility Security
MARPOL	The International Convention for the Prevention of Pollution from Ships
MLC	Maritime Labour Convention
Ptil	Petroleumstilsynet
ROV	Remotely operated vehicle
Sdir	Sjøfartsdirektoratet
SOLAS	International Convention for the Safety of Life at Sea
STCW	International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers
UPS	Uninterrupted power supply

Vedlegg 1 Batterisystemer

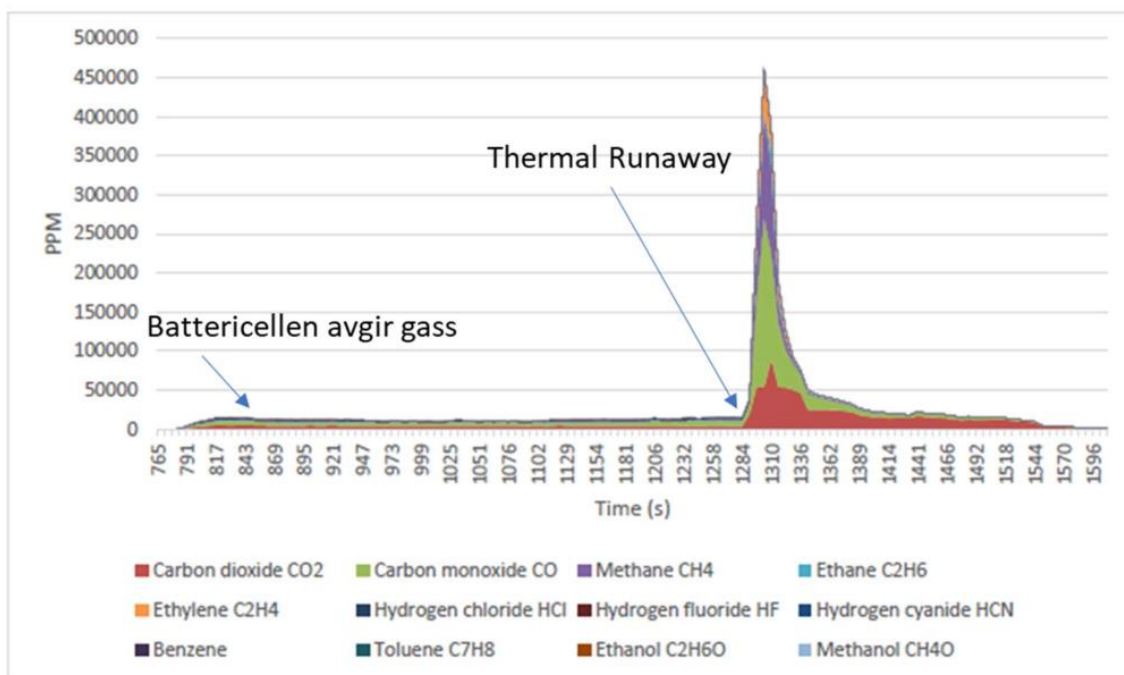
Figuren nedenfor viser oppbygningen av et typisk batterisystem. Oppdelingen av et batterisystem kan inndeles som vist nedenfor. Merk at det er flere typer litium-ion batterier med forskjellig cellekjemisk – og dermed forskjellige egenskaper. Det er også forskjellige oppbygninger. Noen batterisystemer har passiv brannbeskyttelse på cellenivå mens andre kun har brannbeskyttelse på modulnivå. I et batteri med brannbeskyttelse kun på modulnivå vil brann i en celle kunne spre seg til nabocellene.

<p>Battericelle – den minste elektrokjemiske komponenten i batterisystemet. Cellene kan variere både i form og størrelse. De mest vanlige i større systemer er «poseceller», «sylindriske celler» eller «prismatiske celler».</p>	<p>Nominell spenning: 2.4VDC - 3.6VDC. Avhenger av cellekjemisk.</p> <p>Energi: 7Wh – 640Wh. Den vanligste størrelsen ligger på 230Wh</p>	 <p>Pose Sylindriske Prismatiske</p>
<p>Batterimodul – En samling av celler inkludert noe kontroll og monitorering. Den minste enheten som kan bli elektrisk isolert i et batterisystem.</p>	<p>Nominell spenning: 10 - 60VDC. Det vanligste er rundt 50VDC</p> <p>Energi: 3kWh – 6kWh</p>	
<p>Batteristreng /batterirack – En samling av seriekoblede moduler. En batteristreng har den samme spenningen som systemspenningen.</p>	<p>Nominell spenning: 300VDC - 1200VDC</p> <p>Energi: 70-150 kWh Det mest vanlige er ca. 120 kWh</p>	
<p>Batterisystem – En eller flere strenger/rack inkludert kontroll- og monitorerings-elektronikk</p>	<p>Nominell spenning: 300VDC - 1200VDC (Lik streng/rack spenning)</p> <p>Energi: 200kWh - 30MW Trend er økende energimengde</p>	

Vedlegg 2 Thermal Runaway - Gassutvikling

Mange av de gassene som utvikles i brannen er både eksplosive, etsende og giftige og det er derfor svært viktig at de som skal bekjempe batteribranner tar nødvendige forholdsregler for å beskytte seg mot disse. Figuren nedenfor¹ viser hvor raskt gasser kan dannes og hvilke gasser som frigjøres ved Thermal Runaway (TRA). Battericellene begynner å avgi gasser allerede ved ca. 50 grader og øker kraftig når TRA inntreffer ved 80-90 grader og øker til over 500 grader.

Før TRA inntreffer kan det være en pre-heating prosess. Dersom den blir detektert via BMS eller andre systemer, kan full TRA unngås i noen tilfeller.



I tillegg til de opplistede gassene vil det også bli produsert hydrogen.

Flussyre (Hydrogen fluoride - HF) gassen som utvikles ved brann i litium-ion batterier kan være svært farlig:

Fare for huden	Absorberes gjennom hud. Gir nerve-, bein- og organskader. Kan være dødelig.
Fare for øyne	Stor risiko for blindhet.
Innåndingsfare	Giftig, dødelig i konsentrasjoner >200ppm, ikke-dødelige doser kan gi lungeødem.
Fare ved svelging	Giftig, ofte dødelig.

Gitt denne risikoen skal en holde god avstand og ikke gå inn i områder der en kan bli eksponert for flussyre. Videre må være oppmerksom på at filtermasker og vanlig brannbekledning ikke gir beskyttelse mot denne syren – og glass i masker og instrumenter vil blakkes når de eksponeres mot flussyre.

Det er kun kjemikaliedrakter som vil gi beskyttelse mot flussyre. Men sammen med nødvendig kompetanse kan «Splash drakter» brukes i etterkant av brann, f. eks ved gransking.

Vedlegg 3 Regelverk

Petroleumstilsynet (Ptil) sitt regelverk gjelder offshore innretninger, flyttbare innretninger som opererer på norsk sokkel og landanlegg i petroleumsindustrien. Ptil har et funksjonelt regelverk og det vil være flere forskrifter og paragrafer knyttet til tekniske, operasjonelle og organisatoriske forhold som kan være relevante for batteripakker.

Relevante Ptil forskrifter:

- Forskrift om styring og opplysningsplikt i petroleumsvirksomheten og på enkelte landanlegg (Styringsforskriften)
- Forskrift om utføring av aktiviteter i petroleumsvirksomheten (Aktivitetsforskriften)
- Forskrift om tekniske og operasjonelle forhold på landanlegg i petroleumsvirksomheten

For flyttbare innretninger som er registrert i et nasjonalt skipsregister, og som følger et maritimt driftskonsept, kan relevante tekniske krav i Sjøfartsdirektoratets regelverk for flyttbare innretninger med utfyllende klasseregler som er gitt av en klasseinstitusjon, eller internasjonale flaggstatsregler med utfyllende klasseregler som gir samme sikkerhetsnivå, med de presiseringer og begrensninger som følger av innretningsforskriften § 1, legges til grunn i stedet for tekniske krav som er gitt i og i medhold av petroleumsløven. Det maritime regelverket som velges brukt skal legges til grunn i sin helhet

Noen relevant lover og Sdir forskrifter som er relevante for batteripakker på flyttbare innretninger:

- Lov om skipssikkerhet (skipssikkerhetsloven)
- Krav til risikoanalyse:
 - Forskrift om risikoanalyse for flyttbare innretninger.
 - I forhold til etter-installasjon av batterisystemer er det spesielt viktig å merke seg § 7 (Revisjon av risikoanalysen) og § 8 (Kvalifikasjonskrav).
- Generelle krav til brann-/eksplosjonssikring og øvrig teknisk utforming:
 - Forskrift om sikringstiltak mot brann og eksplosjon på flyttbare innretninger
 - Forskrift om bygging av flyttbare innretninger §§ 6, 6a, 6b, 11, 18 og 21
- Krav til sikkerhetsstyringssystem og kvalifikasjoner:
 - Forskrift om sikkerhetsstyringssystem for norske skip og flyttbare innretninger.
 - Forskrift om kvalifikasjoner og sertifikater for sjøfolk
 - Forskrift om arbeidsmiljø, sikkerhet og helse for de som har sitt arbeid om bord på skip (ASH-forskriften)

På skip er følgende regelverk relevant:

- Lov om skipssikkerhet (skipssikkerhetsloven)
- Forskrift om arbeidsmiljø, sikkerhet og helse for de som har sitt arbeid om bord på skip
- Forskrift om sikkerhetsstyringssystem for norske skip og flyttbare innretninger
- Forskrift om kvalifikasjoner og sertifikater for sjøfolk
- Forskrift om driftsordninger på norske skip
- Forskrift om maritime elektriske anlegg
- Forskrift om sikkerhet ved arbeid i og drift av elektriske anlegg.
- Forskrift om redningsredskaper på skip
- Videre dekker standarden NEK 410 Elektriske anlegg på skip (bygger på IEC 60092). En standard for spesifikasjon for batterisystemer (NEK 411) er også under utarbeidelse.

All skipsfart er underlagt internasjonale regler fastsatt av IMO og ILO, ratifisert og implementert i Norske lov og forskrifter. De 4 sikkerhets bærebjelkene innen skipsfart er SOLAS, MARPOL, STCW og MLC. Krav til risikoanalyse er beskrevet i ISM koden 1.2.2: « å sørge for sikker praksis ved drift av skip og et sikkert arbeidsmiljø, å vurdere alle identifiserte risikoer for skipet, personellet og miljøet og å innføre egnet vern, og stadig å forbedre ferdighetene til personell i land og om bord med hensyn til sikkerhetsstyring, herunder forberedelse på nødssituasjoner som omfatter både sikkerhet og miljøvern».

Videre er Bemanningsforskriften §§ 8 -12 og ISM koden 6.2, som henviser til IMO A.1047(27) relevant. Ansvar og kompetanse krav til den enkelte stilling finner en i Forskrift om kvalifikasjoner og sertifikater for sjøfolk (STCW)

Vedlegg 4 Opplæringsplaner

Eksempel på opplæringsplaner* for litium-ion batterier.

NB: Disse planene dekker ikke nødvendig utstyrs-spesifikk opplæring.

Kurstype	Innhold	Målgruppe	Varighet
Introkurs	Beskrive litium-ion batteriets oppbygging, brannårsaker, demo batteribrann, slukkemetoder og farer	Alle som arbeider i områder med batterisystemer	Tilpasset målgruppe
Grunn-kurs	Grunnleggende elektroforståelse, grunnleggende batteriforståelse, slukkesystemer, regelverk og farer. Bør tilpasses relevant batteriløsning.	Brannlag, teknisk personell, beredskap/HMS /Granskingsavd.	½ dag
Videregående kurs for operativt teknisk personell og brannlag	Helhetlig forståelse for hva en litium-ion brann er og hva som skiller disse brannene fra andre branner. Kurset skal gi eleven en god risikoforståelse og faktabasert kunnskap slik at hen vil være i best mulig stand til å foreta en god risikovurdering samt vite hvilke tiltak som kan iverksettes.	Maskinister, elektrikere, konstruktører, ingeniører, Brannlag, HMS, Granskingsavd.	1 dag
Praktisk Trening	Helhetlig forståelse for hva en litium-ion brann er og hva som skiller disse brannene fra andre branner. Kurset bruker en kombinasjon av klasseromskurs og praktiske demonstrasjoner til å gi eleven en god risikoforståelse og faktabasert kunnskap slik at hen vil være i best mulig stand til å foreta en god risikovurdering samt vite hvilke tiltak som kan iverksettes.	Brannlag og Skadestedsledere	1 dag
Ledelse og strategi	Deltagerne får en innføring i risiko, skadeomfang, forhold som øker/minsker risikoen ifm. en litium-ion batteribrann i Risiko Klasse 3 & 4. Deltagerne skal ved bruk av eget planverk kunne lede ulike scenarier om bord (uten umiddelbar ekstern hjelp) og samhandle med redningsressurser (HRS, RITS etc. gjennom ulike øvelsesscenarier. Kunne lede brannlag i innsatsområde og ivareta større mengder (passasjerer/ansatte om bord.	Beredskapsledelse	1 dag

* Gjengitt med tillatelse fra OilComp AS

Vedlegg 5 Forskjellige Litium-ion batterikjemier

LTO (Lithium titanium oxide): Lader raskere enn andre litium-ion batterier. Høy sikkerhet men lav energitetthet (se figur nedenfor). Brukt i enkelte EI-biler og EI-sykler.

LFP (Lithium ferrophosphate): High Sikkerhet, lav giftighet, lang levetid og lav pris. Brukt i noen EI-biler, bl.a. Tesla og flere kinesiske merker. Også brukt i og UPS/power backup anlegg.

LMO (Lithium manganese oxide): Høy sikkerhet, lav pris og rask ladehastighet men kort levetid.

NMC (Lithium manganese cobolt oxide): Høyt effekt/vekt forhold. Brukes i de fleste EI-biler (Audi, BMW, Chervolet, Huyndai, Jaguar, Nissan, VW etc.). Også vanlig i mobiltelefoner / smart telefoner og større batteripakker (f. eks 30 MW anlegg installert i Australia i 2018).

LCO (Lithium cobolt oxide): God energitetthet men dårlig termisk sikkerhet; utsatt for Thermal Runaway ved overlading.

NCA (Lithium nickel cobalt aluminium oxides): Meget høy energi tetthet; ofte brukt i mindre batterier (f. eks Panasonic). Relativt dyrt og levetid (antall ladesykluser) er bare halvparten av LFP batterier.

Energitetthet for forskjellige batterikjemier (alle oransje søyler er litium-ion batterier). Generelt er det slik at jo lavere energitetthet, jo sikrere er batterikjemien.

