



**NORSK FORENING FOR
FJELLSPRENGNINGSTEKNIKK**

Postboks 2752 Solli 0204 Oslo
Tel.: +47 98 21 05 30
e-mail: nff@nff.no
Org.nr: 976 983 947

Betraktninger omkring bruk av batteridrevne anleggsmaskiner ved tunneldriving

Forord

Som en konsekvens av ønske/krav om utslippsfrie prosjekter, har norske byggherrer, entreprenører og leverandører innen bygg- og anlegg satt i gang en omfattende overgang fra fossildrevne til elektriske drevne anleggsmaskiner. Sistnevnte kan være kabel- og/eller batteridrevne. Kabeldrevne maskiner (i noen tilfelle hybrid elektrisk/diesel) har lenge vært i bruk ved underjordsanlegg. Nå kommer også batteridrevne maskiner for fullt. Ved fremstilling av disse maskinene drar man klart nytte av de erfaringer som er høstet fra lettere kjøretøy innen samferdselssektoren.

En problemstilling har imidlertid dukket opp når det gjelder bruk av batteridrevne anleggsmaskiner under driving av tunneler. Dette gjelder sannsynligheten for brann i disse enhetene og konsekvensene av slike hendelser. Dette vil spesielt være en utfordring dersom batteridrevne lastebiler/ dumpere i stor grad skal benyttes under tunneldriving. Da vil batteripakkene bevege seg gjennom tunnelen hele dagen, og dette kan for eksempel påvirke krav til antall og utplassering av redningskontainere, slukkeutstyr osv.

Norsk forening for fjellsprenningsteknikk (NFF) har i forbindelse med dette etterspurt oppdaterte risikovurderinger for bruk av batteridrevet utstyr på underjordprosjekter, uten at vi har lyktes i å få tak i dette. Utviklingskomiteen i NFF ba derfor Jarle Gausen i Gausen Maskinrådgiving om han, med bakgrunn i sin lange erfaring fra arbeid med anleggsmaskiner av ulike slag, kunne gjøre noen betraktninger knyttet til denne problemstillingen. De etterfølgende kapitlene er det foreløpige resultatet av dette arbeidet.

Juni 2023

Utviklingskomiteen i NFF

1. Innledning

I fortsettelsen skilles det mellom elektrisk kabeldrevne anleggsmaskiner og batteridrevne. Det er sistnevnte gruppe som er behandlet i dette dokumentet. Når det i fortsettelsen omtales batterier menes både battericeller/moduler/rack og batteripakker (i stigende rekkefølge avhengig av antall celler og sammenkoblinger). Overordnet snakker vi om batterisystemer.

Batteribanker (for eksempel i containere) og batteritilhengere er også en del av saksområdet da slike enheter i større grad nå kommer i bruk for å redusere kapasitetsproblemer og for å forbedre logistikken rundt bruk av batteridrevne maskiner både over og under jord.

2. Problemstillinger

Når det nå i en tid har hersket usikkerhet hos byggherrer og til dels hos entreprenører omkring bruk av batteridrevne anleggsmaskiner under tunneldrift kan dette skyldes:

- Begrenset kjennskap til oppbyggingen av batterisystemene i de enkelte maskiner.
- Begrenset kjennskap til den sikkerhetsmessige overvåking, Battery Management System (BMS) som er bygd inn i batterisystemene på den enkelte maskin.
- Usikkerhet knyttet til sannsynlighet for at brann kan oppstå i et batterisystem.
- Usikkerhet omkring grad av varsling til fører/operatør av anleggsmaskinen i tilfelle uregelmessigheter i batterisystemet skulle oppstå under drift av maskinen.
- Begrenset kjennskap til kjøle- og slokkeanlegg i batterisystemet og på anleggsmaskiner for øvrig.
- Frykt for konsekvenser ved en eventuell batteribrann.

Sammendrag/vurdering:

Usikkerheten omkring temaet brann kan kanskje skyldes stor grad av synsing og oppfatninger som ikke er faglig fundamentert. Her kan maskinleverandørene i sine markedsføringer helt klart bidra med å bedre informasjon til andre enn det «tekniske mannskapet» som håndterer batteridrevne maskiner. Dette kan gjelde involverte både hos byggherrer/rådgivende så vel som hos entreprenører.

Usikkerheten kan også ha bakgrunn i branner som har oppstått i små/mindre batteridrevne enheter i tillegg til branner i elbiler. Det har vist seg at disse brannene sjelden har utgangspunkt i selve batterienheten, men oftere i ladesystemet eller av eksternt påvirkning. Branner i elbiler forekommer forøvrig langt sjeldnere enn i fossildrevne personbiler. Tall fra 2021 viser at det brenner 4-5 ganger oftere i bensin- og diesalbiler (når størrelsen på bilparken er hensyntatt).

Så langt skal det ikke være registrert branntilfeller med utgangspunkt i batteripakkene på noen batteridrevne anleggsmaskiner gjennom de årene slike maskiner har vært i drift.

3. Risikofaktorer

Risikoen ved bruk av batteridrevne maskiner synes, totalt sett, ikke være større eller veldig forskjellig fra kabel- eller fossildrevne maskiner. Forhold/områder der ekstra aktsomhet kreves er grundig beskrevet i bruksanvisningene til maskinene og da med spesiell vekt på sikkerhet. I tillegg ser det ut til at leverandørene i stor grad har beskrevet betjening av batterisystemene på en god måte. Denne informasjonen er også til hjelp i forbindelse med den maskinspesifikke opplæringen som skal gis til operatørene.

Når det nå likevel hersker usikkerhet omkring batteridrevne tunnelmaskiner er det riktig å se på hvilke faktorer som gjør seg gjeldende. Risiko for at noe skal skje med batteriene kan grovt deles inn under følgende aktiviteter:

- Under lading.
- Under drift.
- Ved batteriskifte / håndtering av batterier.
- Ved påkjørsel eller ved ras som skader batteripakken(e).
- Ekstern brann som antenner batteripakken.

Sammendrag/vurdering:

Brann kan oppstå i alle anleggsmaskiner. Det sier seg selv at det kan være vanskelig å slukke brann i en tunnelmaskin med store dekk og store mengder diesel-/hydraulikkolje når denne først er kommet i gang. Mange av disse maskinene har etter hvert innmonterte automatiske slokkeanlegg som trer i kraft hvis branntilløp skulle oppstå. Maskinrommene er også i noen tilfeller seksjonerte for å hindre spredning av brann. Totalt sett har det vært relativt få tilfeller av brann i anleggsmaskiner under tunneldriving.

Som tidligere nevnt er det så langt ikke forekommet brann i batteridrevne maskiner. Når det er sagt, viser forsøk at det er vanskelig, og i noen tilfeller praktisk talt umulig, å slukke en batteribrann hvis den først har kommet i gang. Dessuten vil det dannes både svært brennbare, giftige og også etsende gasser ved litium-ion batteribranner. Ved slik brann i tunnel uten god ventilasjon kan også konsentrasjonen av gasser være eksplosiv, noe som kan være vanskelig å vurdere. Brann- og redningsmannskaper må derfor gis informasjon om at det brennende objektet har litium-ion batterier slik at de kan innrette sitt slokkearbeid etter dette.

4. Tekniske løsninger fra fabrikanter/leverandører

De fleste større maskinleverandørene i Norge leverer i dag batteridrevne varianter av flere anleggsmaskintyper til bruk i tunneldrift. Det gjelder boreutstyr, lastemaskiner, dumpere/lastebiler, lifter og bakstufmaskiner m.m. Ingen av maskinprodusentene bygger batteriene selv, men kjøper batteripakker fra anerkjente fabrikanter, i stor grad europeiske.

Felles for disse er at både maskiner og batterisystemer er bygd etter omforente internasjonale standarder som også er tilfredsstillende i forbindelse med EU-sertifiseringskrav. Dette gjelder også de spesifikke tekniske krav til batteriene (f.eks. celler, moduler, pakker).

Produksjon av anleggsmaskiner er underlagt strenge krav med hensyn til teknisk utførelse, sikkerhet og miljø. Det er tydelig at de norske maskinleverandørene har lagt ned et betydelig arbeid når de i mange tilfeller har bidratt til batteridrevne løsninger på tidligere fossildrevne basismaskiner. Brukerinstruksjonene er detaljerte og godt beskrevet også når det gjelder den delen som omhandler batterisystemene.

Sammendrag/vurdering:

Presentasjoner og dokumentasjoner fra de mest aktuelle leverandørene virker troverdig og betryggende. CE-merking tilsier at relevante tekniske krav, både mekaniske og elektriske, er oppfylt. Innebygde systemer/løsninger gjør at det er begrenset hva som kan gå galt i selve maskinen under drift. Maskinførerens mulighet til å overstyre de innebygde systemene er begrenset og det gjelder spesielt batterisystemene. Feil bruk er derfor vanskelig å gjennomføre fordi maskinenes Battery Management System (BMS) hindrer og varsler om dette.

5. Batterispesifikke forhold

De aller fleste fabrikanter av energibærere til anleggsmaskiner har valgt å satse på litium-ion batterier (LIB) med god erfaring fra elbiler. Teknologien omkring fremstilling av LIB er etter hvert god og sannsynligheten for at brann, ved bruk, kan oppstå har vist seg å være forholdsvis lav. Når det likevel i den senere tid har oppstått branner i el-personbiler er det ofte med utgangspunkt i de avanserte elektronikk- og utstyrspakkene disse bilene har. Veldig sjelden kan branner knyttes til selve batteripakken.

Nye batterityper er under stadig utvikling. Faststoffbatterier (hvor elektrolytten er fast) vil sannsynligvis på sikt overta markedet. Natriumbatterier er også på vei. Litium-ion batterier er imidlertid så langt dominerende innen bruk i større anleggsmaskiner.

Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) har utarbeidet en utmerket veileder for brann- og redningsvesen (versjon 1 – november 2021) med tittel: «Risikovurdering og håndtering av brann i litium-ion batterier».

Der beskrives hva som kan forårsake brann i en battericelle og med påfølgende thermal runaway, på norsk, termisk rusning (TR):

- Intern kortslutning i en battericelle
- Partikler fra produksjon kan skape intern kortslutning i battericellen
- Ytre påvirkning ved kollisjon, støt, slag, ras m.m. kan gi intern kortslutning
- Krystaller av litiummetall (bygging av dendritter) kan skape intern kortslutning
- Overlast
- Overlading
- Dyputlading
- Ekstern kortslutning
- Ekstern varmepåvirkning

Under brann i litium-ion batterier dannes det både svært brannfarlige og giftige gasser. Under innelukkede omgivelser som i en tunnel, kan dessuten brannfarlige gasser (som hydrogen, etylen, karbonmonoksid, metan og propan) akkumuleres slik at gassblandingen kan bli eksplosiv. Dette er vanskelig å vurdere.

I tillegg kan det også bli dannet irriterende og etsende gasser ved batteribranner. Dette gjelder f.eks. hydrogenklorid, svoveldioksid og hydrogenfluorid. Sistnevnte gass er det knyttet en viss usikkerhet til da den i kontakt med vann og vanddamp danner flussyre, dessuten kan denne gassen absorberes gjennom huden.

Sammendrag/vurdering:

Måten batteri-pakkene/-systemene hos de forskjellige fabrikater/leverandører er bygd opp på virker betryggende. Også varslingsystemene som gir maskinfører signal om at uønskete hendelser i batterisystemet er under utvikling synes å være betryggende. Disse varslene kan ha forskjellige nivåer og er basert bl.a. på temperaturendringer og hvor på batteripakken uregelmessige forhold oppstår. Varslene er lett synlige for maskinfører som deretter kan reagere i henhold til brukerinstruksjonen.

Til forskjell fra brann i andre komponenter på maskinen, viser forsøk og testinger at det skal relativt mye til, og dermed en del tid, før en batteribrann eskalerer ved at termisk rusning oppstår. Det betyr at maskinfører normalt har nødvendig tid til å evakuere maskinen og eventuelt varsle andre tunnelarbeidere i tilfelle batteribrann har oppstått. Selvredderen i førerhytten sikrer maskinfører mot inhalering av farlige gasser i tilfelle evakuering blir nødvendig.

6. Formelle krav

«Forskrift om maskiner» gjelder ved konstruksjon, bygging og omsetning av det som defineres som maskin. Her skilles ikke mellom maskiner som har fossilt drivstoff, elektrisk med kabel eller batteri som energikilde. Forskriften setter krav til samsvarserklæring og CE-merking av maskinen i henhold til aktuelle direktiv/forordninger og harmoniserte standarder som foreligger. Produsenten skal i bruksanvisningen presisere det anvendelsesområdet som maskinen er produsert for.

Entreprenør er ansvarlig for at det kun er egnete maskiner som blir benyttet for de arbeidsoperasjoner som planlegges, og hvor de aktuelle risikoforhold forbundet med arbeidet er vurdert. Når det gjelder arbeid under jord gjelder relevante bestemmelser i «Forskrift om utførelse av arbeid», kapittel 27.

Entreprenør er også ansvarlig for at fører/operatør har nødvendig dokumentert eller sertifisert opplæring i henhold «Forskrift om utførelse av arbeid» beskrevet under kapittel 10. Det foreligger ingen spesielle krav til fører/operatør av en batteridreven maskin, bare at nødvendig maskinspesifikk opplæring er gitt for den konkrete maskintype. Dette for også å kunne tolke og reagere på de varslinger som maskinen gir til fører/operatør hvis det skulle oppstå uregelmessige forhold i maskinen og spesielt i batterisystemet.

Sammendrag/vurdering:

Pr. i dag foreligger det ingen formelle/spesifikke krav som beskriver forbud mot bruk av batteridrevne anleggsmaskiner i forbindelse med tunneldrift.

Arbeidstilsynet har, ifølge eget utsagn, ikke hjemmel for å kunne innføre dette på nåværende tidspunkt da de mener at dagens gjeldende forskrifter er dekkende. Hva som eventuelt måtte komme av nytt regelverk på område for batterier mener de det er for tidlig si noe om.

7. Praktiserende kontraktskrav fra offentlige byggherrer

En av grunnene til at det hersker en usikkerhet i forbindelse med bruk av batteridrevne maskiner i tunneler er at det frem til nå har foreligget forskjellige krav i anbuds- og kontraktsdokumenter fra byggherrene. Hos samme byggherre, til og med på samme prosjekt, kan kravene variere fra «ingen forbud mot batterier» til «det er forbud mot bruk av litiumbatterier». På et annet prosjekt er det åpning for bruk av litiumbatterier hvis dette risikovurderes av entreprenør.

Annen byggherre presiserer: «Det er ikke tillat å bruke maskiner og biler med litium batteridrift eller store litiumbatteripakker i tunnel». Imidlertid sier samme byggherre et annet sted: «Vi tillater batterielektrisk utstyr i tunnel kun om det foreligger en risikovurdering som tilsier trygg bruk».

Det som har vært litt krevende har vært å få uttalelser fra de store offentlige byggherrene hvor de redegjør og begrunner hvorfor de har landet på de forskjellige beslutninger som er nevnt ovenfor. Usikkerheten på entreprenørsiden har nok kanskje sin bakgrunn i usikkerhet knyttet til det tekniske i forbindelse med de foreliggende batteriløsninger.

Sammendrag/vurdering:

Byggherreforskriften setter klare krav til hvordan SHA-tiltakene innrettes. Det er nå iverksatt tiltak hos Statens vegvesen for få etablert en mal for hvordan risikovurderinger i forbindelse med bruk av batteridrevne maskiner skal gjennomføres. Denne ventes, etter sigende, ferdig før sommeren 2023. Dette vil forhåpentligvis sikre at slike vurderinger gjennomføres på måter som både kan heve sikkerheten samtidig med at konkurransevridende forhold ikke oppstår.

8. Konklusjon, forslag til tiltak

Erfaringer så langt har vist at batteridrevne anleggsmaskiner er like driftssikre som tilsvarende fossil- og/eller kabeldrevne. Så langt er ingen branntilfeller registrert i batteripakker/systemer, selv etter flere års, og sekssifret antall maskintimers drift i Norge. Norske/svenske fabrikanter/leverandører har heller ikke kjennskap til slike branntilfeller i utlandet. Logistikken omkring lading (tid og sted) kan imidlertid være krevende, men dette vil sikkert avhjelpest ved bruk av batteristasjoner (batteribanker, tilhengere m.m.)

En annen konklusjon er at sikkerhetstenkingen hos byggherrene har resultert i at man har lagt seg på en forsiktig linje i forbindelse med innføringen av batteridrevne maskiner ved tunneldrift derav ordlyd i anbud-/kontraktsdokumenter.

Fabrikanter/leverandører har vist stor evne og vilje til nytenkning og nyutvikling for å bidra til det grønne skiftet. Driftssikkerhet har tydeligvis hatt fokus i tillegg til de praktiske løsningene som skal sikre god produksjon.

De tekniske løsningene på batterisystemene som foreligger hos de enkelte virker betryggende. Testing og forsøk hos den enkelte leverandør dokumenterer dette.

FORSLAG TIL TILTAK:

Byggherrer:

- Intensiver jobben med å utforme maler for risikovurderinger i forbindelse med batteridrift. Dette slik at anbud- og kontraktsdokumenter blir omforente, konsekvente og forutsigbare.

Maskinleverandører:

- Gjennomfør enhetlig merking av batteridrevne anleggsmaskiner. Dette for at ikke bare interne mannskaper, men blålys-etater m.fl., ser at den aktuelle maskin har innebygget litium-ion batteripakke i tilfelle brann har oppstått.

Entreprenører:

- Legge vekt på opplæring i bruk av selvreddere for mannskaper som jobber i tunneler.
- Sikre maskinspesifikk opplæring av maskinførere.
- Gjennomfør omprofilering, og om nødvendig, oppgradering av redningskammer for bruk i tunneler i h.h.t NFF Håndbok nr. 20.
- Presiser viktigheten av å opprettholde, om mulig, full ventilasjon i tunnelen under branntilfeller.

Referanser

- Toxic Gases from Fire in Electric Vehicles. RISE (Research Institutes of Sweden), Report 2020:90
- DSB Risikovurdering og håndtering av brann i Litium-ion batterier. Versjon 1 – November 2021.