

PROJEKTNR. 14268

Kostnadseffektiv utformning av brandskydd för batterienergilagrar i byggnader

Slutrapport

Axel Mossberg, Jakob Karlsson, Sebastian Welinder, Deniz Önder
Bengt Dahlgren

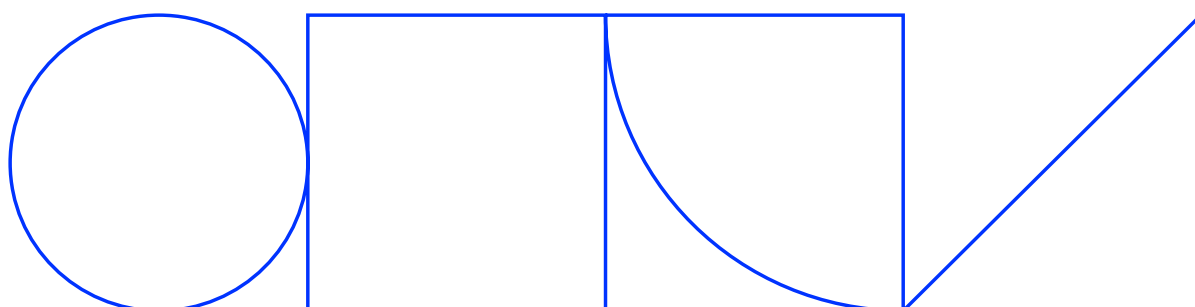
Marcus Runefors
Lunds Tekniska Högskola

Jonna Hynynen
RISE

Jonas Anund Vogel
Kungliga Tekniska Högskolan

Mikael Dimadis
Einar Mattsson

2025



SAMMANFATTNING

I denna rapport har kostnadseffektiva lösningar för brandskydd i batterienergilagrar i byggnader undersökts. Trots, eller tack vare, snabb teknikutveckling på området saknas nationella regler för brandskydd i batterienergilagrar, vilket leder till varierande säkerhetsnivåer på olika platser och i olika projekt. Det leder även till ineffektiva kravställningar där detaljkrav anges i olika riktlinjer, men som inte alltid är relevanta för den aktuella utformningen. Syftet med det här projektet har därför varit att formulera brandtekniska funktionskrav för batterienergilagrar, och ge vägledningen för hur dessa kan användas för att formulera säkerhets- och kostnadseffektiva lösningar.

Projektet genomfördes i fyra delar: en litteraturstudie, en intervjustudie, formulering av funktionskrav och kostnads-/nyttautvärdering. Litteraturstudien har sammanställt nationella riktlinjer och forskningsrapporter om brandskydd i batterienergilagrar. Intervjustudien innefattade intervjuer med fastighetsägare om deras erfarenheter av batterienergilagrar och brandskyddsåtgärder. Utifrån dessa delar formulerades sen funktionskrav med exempel på skyddsåtgärder som kan användas för att uppfylla funktionskraven. Sedan utfördes även en kostnads-/nyttautvärdering där kostnadsdrivande kravställningar som identifierats i intervjustudien utvärderades i förhållande till funktionskraven. Detta för att illustrera hur funktionskraven kan bidra till större flexibilitet och kostnadseffektivitet, utan att säkerheten för den skull behöver reduceras.

Resultaten från intervjustudien visade att fastighetsägare har varierande brandskyddsåtgärder beroende på geografisk plats och involverade aktörer. Vanliga åtgärder inkluderar bland annat brandteknisk avskiljning, obrännbara ytskikt, skyltning, manuell släckutrustning, automatiskt brandlarm och brandgasventilation. Vissa krav är mer kostnadsdrivande än andra och dessa har analyserats särskilt i förhållande till funktionskraven, enligt ovan. Samtliga fastighetsägare uttryckte frustration kring osäkerheten i kravställningarna, vilket understryker behovet av nationellt samlade riktlinjer. Att det även uttrycks frustration kring kostnadsdrivande lösningar, där säkerhetsnyttan inte alltid varit uppenbar, understryker även behovet av funktionskrav för brandskyddet av batterienergilagrar.

De funktionskrav som formulerades delades in i motsvarande delar som Boverkets föreskrifter, det vill säga möjlighet till utrymning vid brand, skydd mot uppkomst av brand, skydd mot utveckling och spridning av brand och brandgaser inom byggnad, skydd mot brandspridning mellan byggnader, räddningspersonalens säkerhet vid brand samt bärförmåga vid brand. Utöver dessa grundpelare i regelverket har även en ytterligare kategori funktionskrav relaterade till egendomsskydd utvecklats. Detta för att tydliggöra att det kan finnas relevanta kravbilder, även kopplat till just egendomsskydd.

Slutsatsen av rapporten är ett antal funktionskrav för brandskydd av batterienergilagrar. Dessa funktionskrav erbjuder flexibilitet och möjliggör kostnadseffektiva lösningar med bibehållen brandsäkerhet. Förhoppningsvis anammas dessa funktionskrav av relevanta organisationer som anpassar sina riktlinjer på området efter dessa. På så sätt kan ökad brandsäkerhet i kombination med ökat flexibilitet och kostnadseffektivitet uppnås för batterienergilagrar.

FÖRORD

Den här rapporten utgör slutrapport i projektet "Kostnadseffektiv utformning av brandskydd i batterienergilagrar i byggnader". Projektet finansierades av Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF) samt av Nationella Brandsäkerhetsgruppen (NBSG). Projektet har även finansierats av egna insatser från deltagarna i projektgruppen och även referensgruppen.

Med projektet är förhoppningen att ge en grund för nationell samordning och utveckling av riktlinjer för brandskydd av batterienergilagrar, med fokus på sådana installationer som utförs i byggnader. Funktionskraven föreslås alltså ligga till grund för riktlinjer som tas fram hos olika organisationer/myndigheter framöver. Vilken organisation som skulle kunna bära ett nationellt ansvar för regelverk/riktlinjer kring brandskydd i batterienergilagrar har undersökts i projektet men inget entydigt svar har hittats. Oavsett om framtiden på området är reglering från myndigheter, standardisering via intresseorganisationer, eller som idag, riktlinjer kopplade till enskilda aktörer, så är alltså förhoppningen att detta arbete kan utgöra en nationell bas för att likrikta funktionerna som eftersöks av brandskyddet, även om detaljerna i riktlinjerna kan skilja sig beroende på målsättningen med den enskilda riktlinjen.

Inom projektet har referensgruppen varit en viktig del av framgången. Referensgruppen har bidragit till projektet genom både referensgruppsmöten, enskilda intervjuer och kommentarer/input på rapporten. I referensgruppen ingick:

- Johan Blomqvist, NCC
- Christoffer Clarin, Trygg Hansa
- Alexander Elias, Brandskyddslaget
- Bengt Gåfväls, NCC
- Jonas Jonsson, Stellafutura
- Arben Krasniqi, Volvo
- Peter Ludvigsson, Länsförsäkringar
- Andreas Nord, Länsförsäkringar
- Naurius Sirvinskis, NCC
- Andreas Stagnebo, Ringhals

Författarna riktar ett stort tack till referensgruppen.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Sammanfattning	2
Förord	3
1. Inledning	6
1.1 Bakgrund	6
1.2 Syfte och mål	7
2. Metod	8
2.1 Litteraturstudie	8
2.2 Intervjustudie med fastighetsägare	8
2.3 Formulering av funktionskrav, differentiering av batterityper och identifiering av olika skyddsåtgärder	8
2.4 Utvärdering av typfall	8
3. Litteraturstudie	9
3.1 Svenska riktlinjer för brandskydd i batterienergilagrar	9
3.1.1 Organisationer med riktlinjer	9
3.1.2 Riktlinjer för brandskydd	9
3.2 Batteriteknologier för energilagring	14
3.2.1 Översikt	14
3.2.2 Litiumjonbatterier	15
3.2.3 Bly-syra batterier	16
3.2.4 Nickelbaserade batterier, t.ex. NiCd, NiMH	16
3.2.5 Andra batteriteknologier	17
3.3 Vanliga batterityper på den svenska marknaden	18
3.4 Risk för uppkomst av brand i batterienergilagrar	19
3.5 Brandbelastning i batterienergilagrar	20
3.6 Risk för explosion i batterienergilagrar	20
4. Intervjustudie	22
4.1 Batteriteknologier och storlekar	22
4.2 Brandtekniska åtgärder för batterienergilagren	22
4.3 Andra kostnadsdrivande krav/faktorer	25
5. Faktorer som bör beaktas för brandskydd av batterienergilagrar	26
5.1 Möjlighet till utrymning vid brand	26
5.2 Skydd mot uppkomst av brand	26
5.3 Skydd mot utveckling och spridning av brand- och brandgaser inom byggnad	26
5.4 Skydd mot brandspridning mellan byggnader	27
5.5 Räddningspersonalens säkerhet vid brand	27
5.6 Bärförmåga vid brand	27
5.7 Egendomsskydd	27
6. Funktionskrav för brandskydd av batterienergilagrar	28

6.1 Möjlighet till utrymning vid brand	28
6.2 Skydd mot uppkomst av brand	28
6.3 Skydd mot utveckling och spridning av brand och brandgaser inom byggnad	29
6.4 Skydd mot brandspridning mellan byggnader	29
6.5 Räddningspersonalens säkerhet vid brand	29
6.6 Bärförmåga vid brand	30
6.7 Egendomsskydd (utökat skydd)	30
7. Kostnad/nytta utvärdering	32
7.1 Placering	32
7.2 Aktiva brandskyddssystem	33
7.3 Hantering av släckvatten	33
8. Diskussion	34
9. Slutsats	35
10. Förslag på framtida forskning	36
10.1 Sannolikhet och konsekvenser för explosion i batterienergilagrar	36
10.2 Brandförlopp i batterienergilagrar	36
11. Referenser	37
Bilaga A – Sammanställning av krav/rekommendationer	39
Vilka riktlinjer har organisationerna?	39
Förklaring till tabellen	42
Bilaga B – Kategorisering av åtgärder	62

1. INLEDNING

Nedan presenteras bakgrund samt syfte och mål med projektet.

1.1 Bakgrund

I takt med att möjligheterna att lokalt producera energi (t.ex. i form av solceller på tak) ökar, så ökar även intresset och behovet av att enklare kunna ta vara på, och lagra, den lokalt producerade energin. Detta beror delvis på att förnybara energikällor så som sol och vind inte alltid producerar el när behoven är som störst, vilket medför ett behov av att kunna lagra denna energi för framtida användning. Vidare skapar elektrifieringen av samhället ett ökat behov av elektricitet som i sin tur kan leda till ökade obalanser i det befintliga elnätet. Detta riskerar att i förlängningen leda till effektbrist och större prisvariationer, vilket är faktorer som i viss utsträckning kan pareras genom fler lokalt installerade batterienergilagrar. Lokala batterienergilagrar kan då exempelvis laddas när elförbrukningen generellt inom nätet är låg eller när solen skiner på solceller, för att energin sedan ska kunna användas när elbehovet inom samhället är högre. Det är idag väl känt att det uppstår regelbundna förbrukningstoppar på morgonen samt på eftermiddagen under vardagar, varpå förbrukningen sjunker mitt på dagen, kväll samt natten se Figur 1 för grafisk illustration över dygnet [1].



Figur 1. Grafisk illustration över morgonens och eftermiddagens förbrukningstoppar, avseende el [1]. Grå linje illustrerar förbrukning över dygnet utan batterilagring och röd linje illustrerar förbrukning med batterilagring.

En annan faktor som tyder på ökat behov av energilagrar är resiliens och affärsmodeller. Byggnader med energilagrar kan klara tillfälliga fränkopplingar från energisystemet, och även bli en del av energisystemet genom exempelvis lastbalansering. Batterienergilagrar kan därmed bidra till minskade driftkostnader och öka fastighetsvärde [2].

Dessvärre släpar regelverk och standarder jämfört med teknikutvecklingen, varmed det idag inte finns några nationella regler för vilket byggnadstekniskt brandskydd som krävs för de utrymmen inom vilka batterienergilagrar placeras. Detta leder till att rum för batterienergilagrar utförs på olika sätt inom olika projekt och inom olika geografiska områden, där kravställningen i hög utsträckning styrs av kunskapsnivå och bedömningar av ansvarig kravställare (normalt brandprojektör), av den lokala räddningstjänsten eller av försäkringsbolag. Rapporten "Innovativa elsystem i byggnader - konsekvenser för brandsäkerhet" [3] lyfter problematiken och beskriver vilka föreskrifter som rum för batterienergilagrar eventuellt kan jämföras inom gällande byggregler, BBR, men i rapporten konstateras att "energilagrar behöver beaktas i byggregler och andra regler", vilket ännu inte är fallet. I de kommande byggreglerna finns vissa krav på energilagrar större än 20 kWh [4], men dessa är fortfarande relativt begränsade i tydlighet.

Fastighetsägare och entreprenörer som vill installera stationära batterienergilagrar möts idag av stora utmaningar pga. avsaknaden av ett nationellt regelverk för var och hur batterienergilagrar ska installeras. Det finns olika riktlinjer från räddningstjänster, och även till viss del försäkringsbolag, men i dagsläget varierar dessa mellan olika kommuner vilket leder till olika säkerhets- och kravnivå

beroende på i vilken del av landet som ett batterienergilagrar avses installeras. Eftersom riktlinjerna som finns är uttryckta på detaljnivå så finns även en stor risk att dessa, utöver en varierande säkerhetsnivå, bidrar till ineffektiva kravställningar som inte nödvändigtvis hanterar den problematik som ett batterienergilagrar faktiskt medför. I praktiken leder denna situation till att minska intresset för fastighetsägare att installera energilagrar, vilket är negativt för såväl fastighetsägare som det nationella energisystemet.

Det finns standarder för stationära batterienergilagrar som t.ex. IEC 62619 [5], dessa är dock inte särskilt detaljerade gällande brandskydd. Andra standarder som UL9540a [6] och NFPA 855 [7] kan ge underlag för dimensionering av säkerheten i batteriet och till viss del för brandskyddet, men dessa delar är dock relativt begränsade och inte alltid relevanta ur en svensk kontext. Det finns även ett antal nyligen publicerade riktlinjer om brandskydd för batterienergilagrar, där ett antal detaljkrav framgår samt att riskanalys ska utföras för vissa anläggningar [8], [9]. Dock saknas i dessa riktlinjer funktionskrav, vilket försvårar arbetet med riskanalyser och även hantering av situationer där projektanpassade lösningar är nödvändigt.

Med grund i ovanstående bedöms det finnas ett behov av att studera riskerna kopplade till batterienergilagrar, samt vilka kostnadseffektiva lösningar på brandskyddet som skulle kunna tillämpas. Det bör även inventeras hur brandbeteendet i olika batterityper kan förväntas variera, för att studera huruvida brandskyddet bör utformas olika för olika batterityper.

I ett batterienergilagrar ska brandskydd även samordnas med andra krav, t.ex. el- och ventilationskrav. I denna rapport har därför sådana kravställningar inventerats och studerats för att identifiera när dessa är relevanta samt om det finns kostnadsdrivande effekter med sådana krav och om de har en påverkan på brandskyddskraven för utrymmet.

1.2 Syfte och mål

Syftet med projektet är att utreda vilka brandtekniska funktionskrav som bör ställas på batterienergilagrar samt hur dessa kan hanteras på ett kostnadseffektivt sätt. Syftet är även att, i den mån det är möjligt, studera samverkan med andra krav, t.ex. krav kopplade till elsäkerhet.

Målet är att kunna uttrycka krav/rekommendationer i form av funktionskrav, för att på så sätt möjliggöra en mer innovativ hantering av kravnivåerna framöver. Målet är även att ta fram förslag på kostnadseffektiv hantering av brandskyddskrav för vissa typutförningar.

1.3 Avgränsning

Denna rapport behandlar primärt batterienergilagrar som placeras inom byggnader. Funktionskrav/riktlinjer kan dock potentiellt utgöra underlag även för fristående batterienergilagrar där det bedöms rimligt.

Huvudfokus i framtagandet av rapporten har inte varit på småskaliga batterienergilagrar, t.ex. sådana som installeras i villor eller liknande. Fokus har inte heller legat på storskaliga, industriella, system där batterienergilagring är huvudsyftet i anläggningen, exempelvis så kallade batteriparker. Även för dessa tillämpningar kan funktionskrav/riktlinjer potentiellt fungera vägledande om det bedöms rimligt. Dock är huvudfokus alltså inte på dessa typer av system.

2. METOD

Projektet har genomförts i fyra delar enligt efterföljande avsnitt.

2.1 Litteraturstudie

I litteraturstudien har de nationella riktlinjer som finns från olika räddningstjänster, försäkringsbolag och andra aktörer kopplat till batterienergilagrar sammanställts. Sammanställningen gjordes delvis för att få en samlad bild om hur dessa olika riktlinjer överensstämmer och/eller skiljer sig åt göras. Vidare gav sammanställningen underlag för att på ett överskådligt sätt redovisa vilka säkerhetshöjande åtgärder som föreslås och vilka som är mest frekvent förekommande.

Utöver ovanstående har även batteristandarder, forskningsrapporter och artiklar med fokus på brandbeteende i batterier och batterienergilagrar studerats. Detta för att få en bild av hur olika batterityper skiljer sig åt gällande brandrisk och brandförlopp samt för att få underlag i hur funktionskrav för batterienergilagrarutföranden ska ställas.

Litteraturstudien har även innefattat en övergripande studie av vilka batterityper som finns tillgängliga på den kommersiella marknaden i Sverige. Detta för att ge en övergripande bild av huruvida olika batterityper förekommer i sådan tillämpning idag.

Se vidare gällande litteraturstudien i avsnitt 3.

2.2 Intervjustudie med fastighetsägare

För att ge ytterligare underlag till projektet genomfördes en intervjustudie med fyra olika fastighetsägare. I intervjustudien undersöktes hur fastighetsägarna resonerar kring batterilagring, vilka batterityper som valts och varför de valt just den batteritypen. Det undersöktes även vilka skyddsåtgärder som införts för att hantera brandskyddet kopplat till batterilagringen samt vilka andra åtgärder som behövs vidtas för batteriet kopplat till andra krav och dylikt. Generellt undersöktes även vilka hinder och kostnadsdrivande faktorer som fastighetsägarna sett kopplat till batterienergilagrar i byggnader.

Se vidare gällande intervjustudien i avsnitt 3.6.

2.3 Formulering av funktionskrav, differentiering av batterityper och identifiering av olika skyddsåtgärder

Utifrån litteraturstudien sammanställdes de olika råden och riktlinjerna. Med grund i utförd forskning har avsikten med dessa råd och riktlinjer försökt identifieras. Vidare har detta varit underlag för att kunna formulera relevanta funktionskrav för brandskyddet av batterienergilagren. För att göra funktionskraven tydligare har relevanta skyddsåtgärder för att uppfylla respektive funktionskrav exemplifierats i samband med funktionskravet.

Se vidare gällande funktionskraven i avsnitt 6 samt underlaget till dessa i avsnitt 5.

2.4 Utvärdering av kostnad/nytta

Utifrån intervjustudien identifierades ett antal situationer som fastighetsägarna var intresserade av för att öka kostnadseffektiviteten i installationen av batterienergilagrar. Detta var primärt utformningar kopplade till olika kostnadsdrivande kravställningar. Dessa olika kravställningar utvärderades i förhållande till funktionskraven för att illustrera hur dessa kan användas för att nå kostnads- och säkerhetseffektiva lösningar.

Se vidare gällande utvärderingen av kostnad/nytta i avsnitt 7.

3. LITTERATURSTUDIE

Litteraturstudien delades in i fyra delar. Den första delen undersökte vilka riktlinjer som finns hos olika organisationer och vad dessa innehåller, den andra delen undersökte brandsäkerhet för olika batterikemier, den tredje delen undersöker vilka batterityper som är vanligt förekommande på den svenska marknaden och den fjärde delen studerade forskning kring brand i batterienergilagrar. Nedan redogörs för respektive del, där den fjärde delen delats in i tre delar där risk för uppkomst av brand, brandbelastning och risk för explosion behandlas separat.

3.1 Svenska riktlinjer för brandskydd i batterienergilagrar

Nedan redovisas övergripande de svenska riktlinjer som identifierats gällande brandskydd för batterienergilagrar.

3.1.1 Organisationer med riktlinjer

Under arbetet med denna rapport har sammanlagt 51 olika svenska organisationer undersökts för att se om de gett ut några riktlinjer kopplat till brandskydd i batterienergilagrar. Majoriteten, 43 av dessa, var räddningstjänster. Totalt har 23 organisationer med egna riktlinjer för brandskydd i batterienergilagrar identifierats¹. De identifierade räddningstjänster med riktlinjer är följande:

1. Räddningstjänsten Syd
2. Räddningstjänsten Skåne Nordväst
3. Räddningstjänsten Storgöteborg
4. Räddningstjänsten Jämtland
5. Svedala Räddningstjänst
6. Storstockholms Brandförsvär
7. Södertörns Brandförsvärsförbund
8. Brandkåren Norra Dalarna
9. Räddningstjänsten Dala Mitt
10. Nerikes Brandkår
11. Räddningstjänsten Mälardalen
12. Bohus Räddningstjänstförbund
13. Räddningstjänsten Sydost
14. Sydöstra Skånes Räddningstjänstförbund
15. Umeåregionens Brandförsvär

Utöver ovanstående har även riktlinjer från följande organisationer identifierats:

16. Brandskyddsföreningen
17. RISE
18. Svensk Solenergi

Även tre försäkringsbolag har bidragit med riktlinjer till arbetet.

3.1.2 Riktlinjer för brandskydd

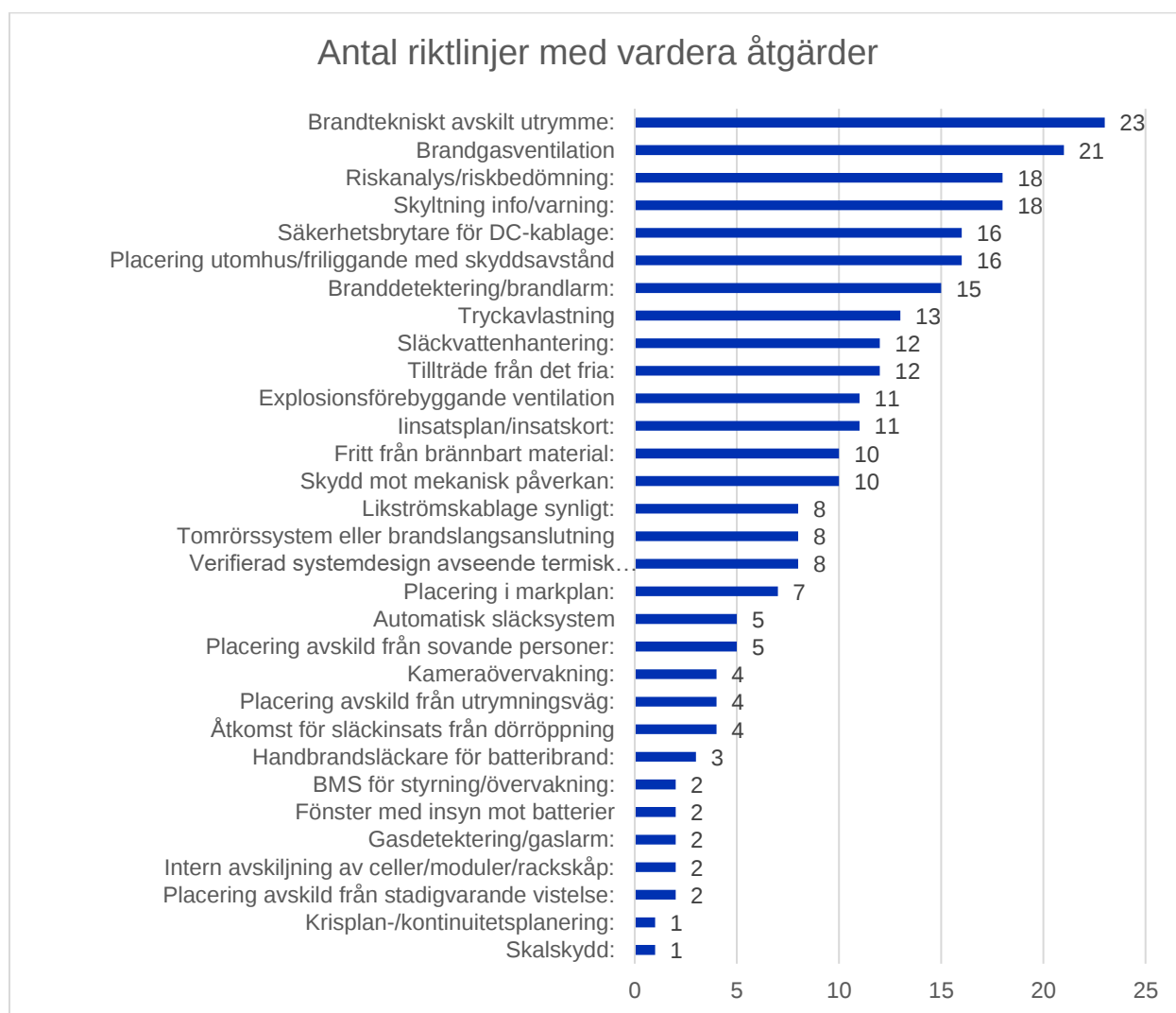
Litteraturstudien omfattar en analys av 27 olika riktlinjer som utarbetats av 22 olika organisationer. Majoriteten av dessa riktlinjer är specifikt avgränsade till litiumjonbatterier. Varför det finns fler riktlinjer än organisationer beror på att två av organisationerna har flera riktlinjer som är anpassade för olika typer av batterilagrar. RISE har exempelvis tre riktlinjer och Svensk Solenergi har fyra. Övriga organisationer har endast en riktlinje vardera.

En riktlinje definieras som en samling av specifika åtgärder som den som bygger ett batterilager förväntas uppfylla. Exempel på en sådan åtgärd är kravet att batterilager ska utgöra en egen brandcell. För att identifiera de vanligaste åtgärderna bland riktlinjerna har en matris tagits fram där samtliga riktlinjer och åtgärder inkluderas.

¹ Sökningen genomfördes under 2024. Riktlinjer kan ha tillkommit/ändrats/tagits bort efter detta.

Matrisen, som redovisas i Bilaga A – Sammanställning av krav/rekommendationer, utgör grunden för att identifiera de vanligaste respektive ovanligaste åtgärderna. En figur har även skapats för att illustrera åtgärderna i fallande ordning utifrån deras förekomst bland riktlinjerna. Här baseras förekomsterna på om riktlinjerna föreskriver åtgärden eller inkluderar den som en valfri utökad skyddsnivå. Både föreskriven åtgärd och valfri utökad skyddsnivå räknas som en förekomst i Figur 2, vilket ger en sammanfattande översikt över vilka brandskyddsåtgärder som prioriteras mest och vilka som är mindre vanligt förekommande i riktlinjerna för säkra batterilager.

De olika skyddshöjande åtgärderna som förekommer i riktlinjerna har grupperats efter förekomst i Figur 2. Här visas i hur många riktlinjer som respektive åtgärd förekommer. De olika åtgärderna diskuteras även nedan. Då åtgärderna som föreskrivs i riktlinjerna inte alltid använder samma uttryck eller beskriver åtgärden på lite olika sätt, har en gruppering av åtgärderna skett. De riktlinjer som i stort beskriver samma åtgärd har därför grupperats ihop för att förenkla datamängden. Åtgärderna i sin helhet redovisas i Bilaga A - Förklaring till tabellen.



Figur 2. Figuren visar hur många riktlinjer som innehåller en viss typ av åtgärd. Totalt har 27 riktlinjer ingått i underlaget.

Brandtekniskt avskilt utrymme

"Brandtekniskt avskilt utrymme," är den åtgärden som de allra flesta organisationer föreskriver. Hela 23 av 27 riktlinjer framhåller vikten av att batterienergilagrar ska vara placerade i en egen brandcell. De flesta riktlinjer förespråkar brandtekniska avskiljningar utan att specificera en särskild klass, medan fyra riktlinjer anger EI60 som gräns, en riktlinje förespråkar EI30, och ytterligare en föreslår EI60 för batterienergilagrar med en kapacitet över 25 kWh.

Brandgasventilation

En annan åtgärd som framstår som vanlig, då den omnämns av de allra flesta riktlinjer är brandgasventilation. Majoriteten (21 av 27) av organisationerna ställer krav på att lokalen ska kunna ventileras vid händelser som brand eller termisk rusning. I flera riktlinjer nämns det att brandgasventilation är specifikt för att kunna vädra ut giftiga och brännbara gaser som kan bildas av litiumjonbatterier vid brand. Andra nämner att det är till för att gaserna inte ska kunna spridas till andra delar av byggnaden och vissa nämner ingen anledning till varför de föreskriver brandgasventilation.

De flesta riktlinjer nämner inte ett specifikt sätt som brandgasventilation ska ske, utan lämnar metoden för brandgasventilation öppen. Vissa riktlinjer specificerar att de exempelvis vill ha brandgasventilation genom öppningsbara luckor eller genom brandgasfläkt. Några få riktlinjer nämner utöver att brandgasventilation ska finnas, så ska den också kunna aktiveras av räddningstjänsten från en säker plats eller att den ska aktiveras automatiskt med brandlarmet. Vid brandgasventilation via fläkt nämns det även i några riktlinjer att fläkten ska vara gnistsäker.

Risakanalys/Riskbedömning

18 av 27 riktlinjer har en åtgärd som anger att en riskbedömning/risakanalys ska genomföras vid projektering. Nivån på riskbedömningen och dess innehåll är dock inte alltid specificerad. Flera riktlinjer rekommenderar att riskbedömningen inkluderar en utredning om behovet av ytterligare skyddsåtgärder, särskilt när det gäller större batterienergilagrar. Vissa riktlinjer anger att riskbedömningen ska utföras av en sakkunnig, medan andra inte har detta krav. Vissa riktlinjer anger att en risakanalys/bedömning ska göras efter en viss storlek på batterienergilagrets kapacitet (exempelvis 50 kW/h).

Skyltning info/varning

En tydlig majoritet, 18 av 27 riktlinjer, innehåller krav om att skyltning måste ske i byggnader/anläggningar med batterienergilagrar. De allra flesta riktlinjer som har denna åtgärd anger åtminstone att en skylt som anger att ett batterilager finns bakom dörren ska finnas uppsatt. Vissa anser också att en varningsskylt ska sättas upp i insatsvägen/entrén om batterienergilagret är placerat i en byggnad med annat än bara batterienergilagret. Vissa riktlinjer anger också att om byggnaden har ett brandlarm så ska skyltning också ske vid centralapparaten/brandförsvarstablå. Om byggnaden/anläggningen har en insatsplan eller insatskort, anser vissa riktlinjer att varning/skyltning ska finnas med i dessa.

Säkerhetsbrytare för DC-kablage

En åtgärd som återfinns hos flera riktlinjer (16 av 27) är kravet på en säkerhetsbrytare för likströmskablage. Åtgärden återfinns i alla räddningstjänsters riktlinjer utom tre. Bland intresseföreningar och försäkringsbolag återfinns den dock enbart hos två av riktlinjerna.

En riktlinje nämner även specifikt att säkerhetsbrytaren också ska ha någon slags indikering (ex. lampa eller voltmeter) för att indikera att strömmen är bruten.

Placering utomhus/friliggande med säkerhetsavstånd

Denna åtgärd återfinns i 16 av 27 riktlinjer. De flesta riktlinjer rekommenderar att batterilager ska i första hand placeras i en separat byggnad/skåp om det är möjligt. Vissa anser att den separata byggnaden inte bör innehålla något annat än batterilager, medan andra endast rekommenderar att byggnaden inte ska innehålla sovande människor.

Flera av riktlinjerna specificerar inget avstånd som byggnaden/container/skåpet ska befinna sig från andra byggnader. Ungefär lika många riktlinjer har specifika avstånd som baseras på en olika kriterier exempelvis kapacitet på batterilagren, om fasaden är brännbar eller om det finns en brandavskiljning i fasaden.

Branddetektering/brandlarm

15 av 27 organisationers riktlinjer kräver någon slags branddetektering och larm ska finnas i batterienergilagret. Flera riktlinjer har som rekommendation att brand-/och utrymningslarm ska installeras i batterienergilagret (generellt gäller detta för större batterilager). För de mindre

batterilagren gäller det generellt att det åtminstone ska finnas brandvarnare alternativt kommuniserande brandvarnare. Några riktlinjer rekommenderar även att brandlarm också är vidarekopplat till räddningstjänst eller larmcentral. Några har även en rekommendation om att brandlarmet ska larma jourpersonal.

Tryckavlastning

13 av 27 riktlinjer inkluderar åtgärder som ställer krav på någon form av explosionsskydd eller tryckavlastning. Vissa riktlinjer ställer endast krav på att det ska finnas dörrar/fönster/luckor i fasaden som utgör tryckavlastning, medan andra riktlinjer menar att det ska finnas dedikerade tryckavlastningsluckor som antingen öppnas på grund av tryckökningen eller automatiskt via detektion av brandfarliga gaser. När det kommer till var tryckavlastningen ska placeras säger vissa att den ska placeras på taket, medan andra rekommenderar att den ska sitta på väggen. Några riktlinjer är tydliga med att tryckavlastningsluckorna ska placeras så att de riktas bort från andra byggnader eller där personer kan tänkas befinna sig.

Släckvattenhantering

12 av 27 riktlinjer inkluderar åtgärder om hantering av kontaminerat släckvatten. Åtgärdernas tydlighet varierar mellan riktlinjerna. Majoriteten anger endast funktionskrav, exempelvis att "släckvattenhantering beaktas för att förhindra att eventuellt släckvatten når grundvatten eller annan känslig miljö" (RISE, AK2). Andra, som Storgöteborg, föreslår mer specifika åtgärder, såsom avskiljande funktioner i brunnar, eller Svensk Solenergi, som nämner behovet av invallningar för att samla upp släckvattnet.

Tillträde från det fria

En intressant åtgärd som förekommer hos 12 av 27 riktlinjer är att "utrymmen bör ha tillträde direkt från det fria". De flesta riktlinjer hänvisar till att tillträde ska kunna ske genom en dörr i fasad. Andra riktlinjer specificerar inte hur tillträdet ska kunna ske, utan kan utgöras av dörr eller fönster.

Explosionsförebyggande ventilation

12 av 27 riktlinjer förespråkar att en explosionsförebyggande ventilation i lokaler för batterilagring ska finnas. Flera riktlinjer rekommenderar att utrymmet där batterierna förvaras ska vara välventilerat, där vissa riktlinjer även har tillägget att ventilationen ska ledas direkt ut till det fria dvs får inte vara gemensam med andra utrymmen. Enstaka riktlinjer rekommenderar även att ventilationen ska underhålla ett undertryck i batterirummet eller att ventilationen också ska vara EX-klassad.

Insatsplan/insatskort

11 av 27 riktlinjer föreskriver att en insatsplan eller insatskort ska tas fram vid etablerande av batterilager. Vissa riktlinjer föreskriver vad som ska vara med i insatsplanen/korten, medan andra riktlinjer inte styr vad som ska vara med i insatsplanen/korten.

Fritt från brännbart material

10 av 27 riktlinjer har åtgärder som berör vad som får finnas i utrymmet där batterienergilagret är placerat. Vissa riktlinjer förespråkar att det inte får finnas brännbart material i batterienergilagrets direkta närhet eller inom ett visst område (exempelvis 2 meter). I vissa riktlinjer där avstånd mellan batterier föreskrivs ges även alternativet att använda en avskiljning med en obrännbar skiva mellan batterierna. Andra riktlinjer menar att brännbart material inte alls får finnas inom utrymmet där batterienergilagret är placerat.

Skydd mot mekanisk påverkan

10 av 22 riktlinjer adresserar vikten av att beakta mekanisk påverkan på batterienergilagret. Detta innefattar exempelvis krav på påkörningsskydd och skydd mot nedfallande föremål.

Likströmskablage synligt

8 av 27 riktlinjer menar att likströmskablage ska vara synligt. De flesta riktlinjer föreskriver att likströmskablage ska vara draget öppet i byggnaden samt att de ska vara tydligt uppmärkta. En riktlinje har krav på att alla DC komponenter som inte kan frånges bör vara varselmarkerade. En

riktlinje har även tydliga specifika krav på att DC-kablar inte får vara närmre än 1 meter från närmsta mänskliga punkt samt att kabeln måste vara inkapslad i brandresistent F30.

Tomrörssystem eller brandslanganslutning

8 av 27 riktlinjers åtgärder innehåller att ett tomrörssystem eller brandslanganslutning ska finnas i batterienergilagret om ett automatiskt släcksystem inte finns. Vissa riktlinjer har även med att påkopplingen ska vara placerad på säker plats och inte i direkt anslutning till utrymmet där batterierna finns.

Verifierad systemdesign avseende termisk rusning/propagering

8 av 27 riktlinjer har rekommendationer att batterierna ska vara utformade för att minska risken för termisk rusning/propagering. Samtliga riktlinjer rekommenderar att systemdesignen bör vara testad enligt testmetoderna UL9540A eller IEC 62619 eller liknande.

Placering i markplan

En åtgärd som förekommer i 7 av 27 riktlinjer är att batterilagren ska vara placerade i markplan. Vissa riktlinjer har tillägget att utrymmet där batterienergilagret finns måste ha minst en vägg som vetter mot det fria.

Automatiskt släcksystem

5 av 27 riktlinjer ställer krav på att ett automatiskt släcksystem ska finnas i batterienergilagret. Enligt de flesta riktlinjer gäller dessa krav generellt för vad riktlinjerna kallar större batterienergilagrar och kan utgöras av valfritt lämpligt släcksystem. Enligt en riktlinje är det tydligt att automatiskt släcksystem endast rekommenderas om batterienergilagret finns inomhus och där brandsektionering inte kan uppnås. Samma riktlinje förordar gassläcksystem över andra typer av släcksystem.

Placering avskild från sovande personer

5 av 27 riktlinjer anser att batterienergilagrar inte bör placeras i närheten av rum där sovande personer skulle kunna finnas, såsom vardagsrum och sovrum. En riktlinje anser att det räcker att batterienergilagret inte placeras i ett sådant rum. Andra anser att batterienergilagret inte ska finnas i närhet till ett sådant rum. Den sista riktlinjen menar att batterilagrar ska vara placerade i en brandcell om den är i anslutning till ett sådant rum.

Kameraövervakning

4 av 27 riktlinjer anser att batterilagren ska utrustas med videoövervakning, detta för att kunna övervaka batterienergilagret.

Placering avskild från utrymningsväg

4 av 27 riktlinjer rekommenderar att batterilagrar ska placeras avskilt från utrymningsvägar. En riktlinje anser att batterilagrar ska vara brandtekniskt avskilda från utrymningsvägar. De andra anser att batterienergilagret inte ska placeras i en utrymningsväg eller i anslutning till en utrymningsväg.

Åtkomst för släckinsats från dörröppning

4 av 27 riktlinjer anser att batterilagrar ska vara placerade på så sätt att de är lättåtkomliga och kan släckas från dörröppningen.

Handbrandsläckare för batteribrand

3 av 27 riktlinjer rekommenderar att batterilagrar ska vara utrustade med handbrandsläckare. En riktlinje menar att brandsläckaren ska vara godkänd för bränder i batteribrand. De andra två riktlinjerna specificerar inte vilken typ av brandsläckare som ska finnas.

BMS för styrning/övervakning

2 av 27 riktlinjer har krav på att batterilagren ska vara utrustade med BMS (Battery Management System). I en av riktlinjerna ska BMS:en minst omfatta övervakning av temperaturer i batterimoduler och spänning i batterier. I den andra riktlinjen ska BMS:en minst omfatta driftövervakning av temperatur och spänning, men inte på vilken nivå. Övervakningen bör även vara med fellarm kopplat till jourhavande personal med inställd setid på maximalt 30 minuter.

Fönster med insyn mot batterier

2 av 27 riktlinjer anser att batterilager bör ha fönster med insyn mot batterierna för att kunna bedöma risken för explosion utan att öppna upp utrymmet. Båda dessa riktlinjer kommer från samma organisation och gäller batterilager i småhus respektive batterilager som placeras inomhus och är mindre än 20 kW/h.

Gasdetektering/gaslarm

Av de riktlinjer som specificerar brandlarm är det endast 2 av 27 som även förordar gasdetektion. En av riktlinjerna specificerar att gasdetektorerna ska kunna detektera vätgas och att det ska finnas en möjlighet att kunna avläsa värden från gasdetektering utanför utrymmet. Den andra riktlinjen specificerar inte hur gasdetektion ska ske.

Intern avskiljning av celler/moduler/rackskåp

2 av 27 riktlinjer menar att det ska finnas en intern avskiljning av batteri-celler/moduler/rackskåp. Den första riktlinjen rekommenderar att brandspridningen mellan moduler och rackskåp ska begränsas med antingen skyddsavstånd eller med obrännbart skivmaterial. Den andra riktlinjen rekommenderar istället att möjligheten för termisk rusning ska begränsas mellan grupper av batterier genom fysiska barriärer eller aktiva släcksystem.

Placering från stadigvarande vistelse

2 av 27 riktlinjer menar att batterilager ska placeras i utrymmen som är avskilda från utrymmen där stadigvarande vistelse skav personer finns. Enligt den första riktlinjen ska batterilager som används till storskaligt bruk placeras i en egen byggnad där personer inte förväntas vistas stadigvarande. Den andra riktlinjen menar att batterilager som placeras i byggnader och som har en kapacitet under 20kW/h, bör placeras i utrymmen som utgör tillfällig vistelse. Om batterienergilagret placeras i anslutning till en invändig utrymningsväg som nyttjas till fler utrymmen än batterienergilagret, ska dörren utföras som en brandsluss.

Krisplan/kontinuitetsplan

Endast 1 av 27 riktlinjer har med att en krisplan och kontinuitetsplan ska finnas. En krisplan ska inte bara innehålla en insatsplan utan ska också innehålla larmrutiner, säkerhetsrutiner för entreprenörer och servicepersonal samt plan för löpande underhåll. En kontinuitetsplan ska skapas om systemet är kritiskt för en annan part/verksamhet.

Skalskydd

Endast 1 av 27 riktlinjer har tydliggjort att ett batterilager bör ha något slags skalskydd. Skalskydd kan exempelvis utgöras av inhägnad och ska minst ha skyddsklass 1.

3.2 Batteriteknologier för energilagring

I detta kapitel ges en översikt över olika batteriteknologier som är relevanta för energilagring i byggnader tillsammans med en kort beskrivning av riskerna. Fokus i beskrivningen är teknologier som används idag, men i ett avslutande kapitel beskrivs även potentiella tekniker för framtiden.

3.2.1 Översikt

De olika teknikerna som förekommer skiljer sig på många sätt men en översikt av relevanta data att jämföra redovisas i Tabell 1. Vidare diskussion om respektive teknologi redovisas i respektive avsnitt nedan.

Tabell 1. Översikt över olika batteriteknologier, baserad på Jeevarajan, et al., 2022 [10].

Batteriteknologi	Specifik energi [Wh/kg]	Specifik kraft [W/kg]	Nominell cellspänning [V]	Energi-effektivitet [%]	Livslängd (antal laddcykler)
Litiumjonbatterier (Alla kemier)	100–240	500–2 000	3.6–3.8	>98	1 000–10 000
Flödesbatterier	10–85	45–166	1.2–1.9	>75	6 000–14 000
Natrium-Svavelbaserade batterier (NaS)	150–240	150–240	2	75–90	>2 500
Natrium-Nickel-Klorid batterier (NaNiCl ₂)	100–120	150–200	2.6	90	>2 500
Bly-syra batterier	30–50	180–200	2	75–85	500–1 000
Nickel Kadmium batterier (NiCd)	50–75	150–300	1.2	70–85	2 000–2 500
Nickelmetallhydrid batterier (NiMH)	40–110	200–1200	1.2	60–80	300–2 000
Zink batterier	100–650	100	1.4	50–65	100–300

3.2.2 Litiumjonbatterier

Faktorer så som laddningsgrad, åldrande och den specifika batterikemin (så som elektrolyt, katodmaterial etc.) påverkar risken för termisk rusning, samt sammansättningen av de gaser som produceras. Även hur den termiska rusningen initieras påverkar sammansättningen av gaser.

Exempel på brandfarliga gaser som kan avges för LIBs (litiumjon batteri) är vätgas, kolmonoxid och kolväten (så som etan och metan). Giftiga gaser som kan avges inkluderar bl.a. vätefluorid (HF). Fluoriden kommer främst från salter i elektrolyten men kan också finnas i bindemedlet för elektroderna och i det aktiva katodmaterialet [11]. Vid termisk rusning frigörs även tungmetaller som sprids både genom aerosoler i brandgaserna och genom partiklar som landar i området kring batteriet [12]. Elektrolyten innehåller vanligtvis brandfarliga organiska lösningsmedel, exempelvis dimetylkarbonat (DMC) och propylkarbonat (PC). Utveckling och inkludering av till exempel flamskyddsmedel görs för att minska brandriskerna. Dock har bränder även kunnat påvisats för celler innehållandes flamskyddsmedel [13].

Olika katodmaterial har också varierande termisk stabilitet. Nickel-kobolt-aluminium (NCA) och litium-kobolt-oxid (LCO) är de katodmaterial där termisk rusning generellt kan aktiveras vid lägre temperaturer än till exempel nickel-mangan-kobolt (NMC) och litiumjärnfosfat (LFP). Det har tidigare ansetts att LFP celler varit ett säkert litiumjonbatteri (LIB) alternativ, men även battericeller med LFP som katodmaterial kan gå i termisk rusning och kan då producera en betydande mängd brandfarlig gas, såsom vätgas, kolmonoxid och kolväten [14].

I en studie av Jia et al., [15] jämfördes olika katodmaterial (LFP, litium-manga-oxid, LMO, och NMC) och dess initieringstemperaturer för termisk rusning. Resultaten från studien visade att termisk rusning för LFP kunde initieras vid 130 °C; NMC vid 90 °C och LMO vid 87 °C. I en annan studie av Lamb et al., [16] studerades gasproduktionen vid termisk rusning som en funktion av temperatur för åtta LIB-katodmaterial. I denna studie fann man att gasproduktionen för LCO började strax före 200 °C. De mest termiskt stabila var LFP och LMO. För de andra fem katodmaterialen som studerades initierades en snabb gasproduktion mellan 200 och 250 °C. Det bör tas i beaktning att de flesta

batteriapplikationer har ett termiskt-styrssystem som markant minskar risken att dessa kritiska temperaturer nås.

Battericellens geometri (cylindriska, prismatiska och pås-celler) kan också påverka brandrisken. Här bör till exempel packningsdensitet och värmeledning mellan cellerna beaktas. Då en hög värmeledning mellan celler kan leda till snabbare termisk propagering, dvs att den termiska rusningen på kort tid sprider sig mellan battericeller. Vilket kan leda till ett snabbt förlopp, generering av stora mängder gas och resultera i brand eller explosionsartade förlopp.

Eftersom flertalet faktorer påverkar den sammanlagda risken så bör man vara försiktig med att dra slutsatser från enskilda cellparametrar och enstaka studier. Riskerna bör bedömas på systemnivå (exempelvis, batteripack, moduler, batterienergilagring).

De vanligast förekommande katod och anodmaterialen för LIBs enligt [17] redovisas i Tabell 2.

Tabell 2. Vanligt förekommande katod- och anodmaterial för Litium-jonbatterier.

Förkortning	Katod	Anod	Energidensitet [Wh/Kg]
NMC	Litium-nickel-mangan-kobolt-oxid	Grafit	120–300
LFP samt LMFP	Litium-järn-fosfat / Litium-mangan-järn-fosfat	Grafit	50–130 samt ~200
LMO	Litium-mangan-oxid	Grafit	100–150
NCA	Litium-nickel-kobolt-aluminiumoxid	Grafit	200–260
LCO	Litium-koboltoxid	Grafit	150–200
LTO	Olika	Litium-titan-oxid	70–80

3.2.3 Bly-syra batterier

Bly-syra batterier består generellt av en blyanod, en blydioxidkatod och svavelsyra som elektrolyt. Bly-syra batterier har låg energitäthet jämfört med LIB och en kortare livslängd, därför ersätts de idag i många tillämpningar med LIB. De två vanligaste typerna av bly-syra-batterier är ventilerade bly-syra-batterier (VLA) och ventilreglerade bly-syra-batterier (VRLA). Under användningsfasen, laddning och urladdning, genererar bly-syra-batterier vätgas. Om batteriet överladdas eller om ventilationen är bristfällig kan större mängder vätgas ansamlas och utgöra en brand- och explosionsrisk. Utöver detta är de främsta riskerna med bly-syra batterier är elektrolyten, som är korrosiv, och användningen av bly som är mycket toxiskt [18].

3.2.4 Nickelbaserade batterier, t.ex. NiCd, NiMH

Nickelbaserade batterier har använts som uppladdningsbara batterier i över 100 år.

Elektrodmaterialet kan variera, men nickel-kadmium (NiCd) är den vanligaste typen. Där nickel och nickeloxider används för den positiva elektroden (katoden) och kadmium för den negativa elektroden (anoden). Anodmaterialet kan variera och andra vanligt förekommande typer är: Ni-Zn, Ni-Fe, Ni-Bi, Ni-Co och NiMH (nickel-metall hydrid). NiMH batterier använder sig av en Ni(OH)_2 som katod och olika metall-hydrid legeringar för anoden. Under laddning-urladdningsprocessen för NiMH finns förmågan av väteabsorption-desorption, men ingen produktion av vätgas vid normaldrift [19].

Jämfört med bly-syra batterier så har de nickelbaserade en högre energitäthet. Jämfört mot LIBs så har de nickelbaserade batterierna en bättre stabilitet vid låga temperaturer (NiMH har en drifttemperatur: - 40 till 25 °C) [20]. Nickelbaserade batterier har i hög grad ersatts av LIB, men för

energiapplikationer som kräver hög säkerhet och hög prestanda vid mycket låga temperaturer så kan nickelbaserade-batterier vara fördelaktiga.

Nickelbaserade batterier använder sig generellt av en vattenbaserad-alkalisk elektrolyt, likt bly-syra batterier. Exempelvis används kaliumhydroxid (KOH), i olika volymkoncentrationer, som elektrolyt. KOH är starkt alkaliskt (frätande) [21]. Icke-förseglade nickelbaserade batterier, kan avge vätgas vid användning (gasbildningen är högst under laddning). För förseglade nickelbaserade batterier avges endast gas vid felaktig användning (t.ex. vid överladdning). Förseglade batterier har en säkerhetsventil som öppnar vid ett för högt tryck i cellen. När säkerhetsventilen aktiveras pyser gasen ut och detta kan utgöra en brand-, explosions- eller kemisk risk. Tungmetaller, så som kadmium, är hälsovådliga, toxiska och kan innebära en akut fara. Nickelföreningar har generellt en hög toxicitet (bl.a. carcinogena och immunotoxiska), beroende på typ av förening [22].

3.2.5 Andra batteriteknologier

I detta underkapitel beskrivs batteriteknologier som inte bedöms vara relevanta för energilagring i byggnader i dagsläget, men kan bli det i framtiden.

Litiumjonbatterier med fast elektrolyt (Solid-state)

I batterier av typen "solid-state" (fastmaterial) ersätts den vätskebaserad elektrolyten med ett fast material. Detta skulle kunna ha en positiv inverkan på brandrisken eftersom man då ersätter den organiska (och brandfarliga) elektrolyten med ett fast material. I dagsläget finns mycket lite forskning och öppna publicerade data gällande brandriskerna för solid-state batterier.

Natriumjonbatterier

Natriumjonbatterier, sodium-ion batteries (SIBs), börjar sakteligen att nå den kommersiella marknaden. SIBs har generellt en lägre energidensitet än LIBs och förväntas främst att användas inom applikationer så som energilagring, mikromobilitet och handverktyg. En av fördelarna med SIBs är att man inte använder litium som är en jordmetall som ger stor miljöpåverkan vid utvinning. En annan fördel är att man kan använda sig av aluminium för båda elektroderna (current collectors) i stället för dyrare material som används i LIBs. Aluminium är billigare, lättare och löses ej upp vid låga potentialer. Stabiliteten vid låga potentialer gör att man kan ladda ur cellen till 0% utan risk för att påverka cellens prestanda eller säkerhet.

Säkerhetsaspekterna är starkt beroende av valet av katodmaterial och elektrolyt. En generalisering av riskerna är i dagsläget inte möjlig. Vanligt förekommande katodmaterial kan delas in i tre grupper: (I) Polyanjoniska föreningar, (II) Prussian Blue Analogor (PBAs) och (III) Na-layered transition metal complexes (LTMOs). Beroende av katodmaterial så används en passande elektrolyt. Där vissa natriumjonbatterier använder organiska lösningsmedel liknande de för LIBs. Men även vattenbaserade elektrolyter och jonisk vätskebaserade elektrolyter används.

Flödesbatterier

Det finns tre huvudkategorier av flödesbatterier: redox, hybrid och membranlösa flödesbatterier. Flödesbatterier används främst till större energilager och där man har ett behov av längre lagringstider. Flödesbatterier skiljer sig från övriga tekniker på så sett att anod och katod är i vätskeform (anolyt och katolyt). Den mest vanligt förekommande tekniken är redox-flow (vanadium-redox-flow). Vilka elektrolyter som används varierar, exempelvis vanadium redox, zinkbrom och järn redox. Brandrisken för flödesbatterier beror på de specifika materialen som används och måste utvärderas individuellt. Vissa flödesbatterier innehåller korrosiva vätskor som under onormala förhållanden kan sönderdelas och bilda vätgas [7].

Zinkbatterier

Zinkbaserade primära (ej laddningsbara) batterier används i stor utsträckning, däremot har laddningsbara zinkbatterier haft svårt att få genomslag på marknaden. Men på senare tid har företag återigen börjat marknadsföra tekniken för stationära applikationer. Fördelar är att zink är ett av de vanligaste grundämnena i jordskorpan, och att elektroderna är stabila i vattenbaserade elektrolyter. Zink-nickel och zink-luft har varit i fokus för utvecklingen av laddningsbara zinkbatterier [23]. Vid fel på ett zinkbatteri finns risk för uppkomst av vätgas.

Natrium-metall batterier

Natrium-metall batterier (SMBs) använder sig av metalliskt natrium som negativ elektrod. Natrium-metall batterier har normal funktion vid höga temperaturer ($>260^{\circ}\text{C}$), där det aktiva materialet är i smält form. Det finns även SMBs som kan användas vid rumstemperatur, men dessa har ej nått kommersialisering ännu [24]. För katodmaterialet kan flertalet material tillämpas, där layered transitionmetal oxides (LTMOs) har använts sedan 80-talet. Andra katodmaterial inkluderar svavel, metalloxider och metallsulfider [25].

Vid celldefekter kan natrium-metall batterier utgöra en brandrisk, exempelvis kan mekaniska skador leda till att natrium (s) tillåts att regera kraftigt med vatten/vattenånga och då bilda vätgas. Även om dessa system kan försättas i termisk rusning så bidrar den lägre strömstyrkan och det större drifttemperaturområdet till att risken för termisk rusning är betydligt lägre än för LIBs.

Litium-metall-batterier

I litium-metall-batterier är grafitelektroden i LIBs utbytt mot metalliskt litium vilket medför ca 35% högre specifik energi och ca 50% högre av energidensitet [26]. Tekniken har använts under en längre tid men enbart för produkter med låga energikrav på grund av dess långa laddtider, men det pågår ett antal initiativ för att kunna använda tekniken även i fordon och liknande. Litium-metall-batterier finns med både flytande och fast elektrolyt (sk. Solid-state).

Riskerna består främst i tillväxt av dendriter som kan orsaka kortslutning inne i batteriet och potentiellt termisk rusning. Dendriter kan även tillväxa i LIBs, men risken är större i för denna typ av batterier. Konsekvenserna av dessa beror på om det är en fast eller flytande elektrolyt samt vilken typ av kemi. Till exempel kan elektrolyter baserad på sulfider, som har stor kommersiell potential, vid kontakt med luft släppa ut vätesulfider som är giftiga [27].

Den mest kända branden som involverade litium-metall-batterier är den så kallade blue-bus-branden i Frankrike 2022. Batteriet var ett solid-state-batteri av typ litium-metall-polymer (LMP). Vid branden spred sig en större mängd brinnande metallpartiklar i luften runt bussen [28].

3.3 Vanliga batterityper på den svenska marknaden

För att studera vilka batterityper som är vanligast på den svenska marknaden idag gjordes en övergripande sökning efter olika leverantörer av batterilager för konsumentmarknaden. Sökningen gjordes på internet och endast leverantörer som gav direkt information om sina produkter inkluderades. Leverantörerna är därför primärt sådana som riktar sig mot hushåll, storskaliga batterienergilagrar har därför inte ingått i denna sökning.

Inom det urval som identifierats i sökningen så är litiumjon teknologin dominerande och samtliga produkter som hittats på den svenska marknaden är av litiumjon typ, se Tabell 3. Av de olika litiumjon typerna så är litiumjärnfosfat-teknologin (LFP), utifrån stickprovets resultat, den vanligaste teknologin för batterienergilagrar. Samtliga batterier i Tabell 3 är alltså av litiumjon teknologi. Cirka 64 % av urvalet består av LFP-typ och cirka 14 % tillhör NMC-typ. Där det endast står "Litiumjon (Li-jon)" kunde information om underkategorin inte hittas.

Tabell 3, Olika typer av batterienergilagrar för den svenska konsumentmarknaden. Batterityper markerade med asterisk (*) är av okänd underkategori till Litiumjonbatterier. Företagen har inte inkluderats och i vissa fall har produktnamnen maskerats. Syftet är att ge en bild av marknaden, snarare än av företag/produkter.

Produkt	Typ av batteri
Batterimodul 3,3 kWh	Litiumjärnfosfat (LFP)
Batterimodul 5KW / 5 kWh	Litiumjärnfosfat (LFP)
Battery Module 3.55kWh	Litiumjärnfosfat (LFP)
Batterimodul 2,56 kWh	Litiumjärnfosfat (LFP)

4.6kWh Home Battery	Litiumjon (Li-ion)*
5 Kwh batterimodul	Litiumjärnfosfat (LFP)
9,6 kw solcellsbatteri	Litiumjärnfosfat (LFP)
Batterimodul 5,12 kWh	Litiumjärnfosfat (LFP)
Batterimodul 5,12kWh	Litiumjärnfosfat (LFP)
Batterimodul NMC 12,9kWh,	NickelManganCoboltOxid (NMC)
Voltpack 281/700	NickelManganCoboltOxid (NMC)
Home Battery, 10kWh, LFP	Litiumjärnfosfat (LFP)
Battery Energy Storage System (BESS)	Litiumjärnfosfat (LFP)

De tre olika batterityper som nämns i listan är alla olika typer av litiumjonbatterier. "Litiumjärnfosfat (LFP)" och "NickelManganCoboltOxid (NMC)" är alltså båda underkategorier av litiumjonbatterier. Dessa underkategorier bygger på lite olika tekniker/kemi och har något olika egenskaper på grund av detta, se även avsnitt 3.2.2.

Under inhämtandet av information påträffades även andra sorters batterityper som passar till batterienergilagring såsom natrium-jon och nickel-metallhydrid. Dessa exkluderades dock ur listan på grund av att en fysisk produkt (som kan köpas) kopplat till dessa teknologier inte kunde hittas. I företaget Nilars fall fanns en fysisk produkt med nickel-metallhydridbatterier (NiMh), dock gick företaget i konkurs och finns inte längre på marknaden.

3.4 Sannolikhet för uppkomst av brand i batterienergilagrar

Utrymmen med batterienergilagrar med en kapacitet över 20 kWh anges i de kommande byggreglerna som utrymmen med förhöjd sannolikhet för uppkomst av brand [4]. I konsekvensutredningen tydliggörs det att detta primärt berör litiumjonbatterier och att andra batterityper kan vara förknippade med lägre sannolikhet för brands uppkomst [29]. Som diskuterats i avsnitt 3.2 finns det dock stor variation även inom litiumjonbatterier och det sker ständigt utveckling av batterityper och batterikemier. Det finns därför stora osäkerheter i statistik kring hur stor sannolikhet det är för uppkomst av brand i ett litiumjonbatteri.

Enligt en tysk studie som nyligen publicerats, men inte fullständigt granskats har batterienergilagrar i hemmiljö en förhållandevis låg sannolikhet för att ge upphov till bränder [30]. Sannolikheten för brand i ett batterienergilagrar beräknas i studien till 0,0049 % per år. Denna sannolikhet kan jämföras med den generella sannolikheten för brand i hushåll, som beräknas till 0,28 % per år samt med sannolikheten för brand i en bil med förbränningsmotor, som beräknas till 0,089 % per år. Dessa sannolikheter är alltså 18–57 gånger större än sannolikheten för brand i ett batterienergilagrar. För storskaliga batterienergilagrar beräknas sannolikheten till 0,015 % per år, vilket alltså är högre än för batterilagrar för hemmabruk men avsevärt lägre än sannolikheten för t.ex. brand i en bil med förbränningsmotor.

Det kan alltså diskuteras huruvida batterienergilagrar är en verksamhet med förhöjd sannolikhet för brands uppkomst. Det bör dock noteras att statistiskt underlag för bränder i batterienergilagrar är bristfälligt och att det även finns osäkerheter kring hur åldring påverkar sannolikheten för brands uppkomst [10].

Sammantaget kan det alltså konstateras att det finns osäkerheter kopplat till sannolikheten för brands uppkomst i batterienergilagrar men att det inte finns indikatorer på att sannolikheten är lägre än den som finns i normalfall i bostäder och garage. Det kan även konstateras att riskbilden för olika batterityper sannolikt skiljer sig åt. Gällande konsekvensen av bränder i batterienergilagrar diskuteras dessa vidare i avsnitt 3.5 och 3.6.

3.5 Brandbelastning i batterienergilagrar

Enligt utförda studier är brandbelastningen i batterienergilagrar cirka 120 MJ för en 4,8 kWh/modul [8], [31]. I byggnader anses oftast "normal variabel brandbelastning" vara <600 MJ/m² och det är den kravnivå som de flesta vanliga utrymmen, så som bostäder, kontor och liknande, utgår ifrån vid dimensionering av brandskyddet. Vid en dimensionering enligt den brandbelastningen innebär det att det är hög sannolikhet att brandcellsgränser, och andra delar med brandmotstånd, kommer upprätthålla sitt skydd under hela det brandförlopp som kan förväntas.

I tabellen nedan redovisas några beräknade brandbelastningar för olika storlekar på batterienergilagrar i kombination med storleken på utrymmet som krävs för att brandbelastningen ska understiga 600 MJ/m². Beräkningen utgår från att batterienergilagret är det enda brännbara som finns i utrymmet.

Tabell 4. Brandbelastning i batterienergilagrar.

Batterikapacitet [kWh]	Brandbelastning [MJ]	Rumsstorlek för 600 MJ/m ² [m ²]
20	500	0,8
100	2 500	4,1
250	6 250	10,4
500	12 500	20,8

Som referens kan det sägas att brandbelastningen i personbilar är 2 000-7 000 MJ enligt genomförda studier [32], [33].

Det kan alltså konstateras att brandbelastningen i ett batterienergilagrar i många fall inte är speciellt stor i förhållande till annan brandbelastning som normalt antas vid dimensionering av brandskyddet. Det bör dock noteras att släckning av bränder i batterienergilagrar kan vara problematiskt och brandförlopp kan därför pågå länge rent tidsmässigt, även om räddningstjänsten kommer till platsen.

3.6 Risk för explosion i batterienergilagrar

Som nämnt i avsnitt 3.2 kan batterienergilagrar under många förutsättningar ge upphov till explosiva gaser. Denna risk återspeglas även i flera inträffade fall så som incidenterna i McMicken [34], Dahongmen [35] och i Västra Frölunda [36]. Även fler fall finns [14] och som det har konstaterats ovan så finns det en explosionsrisk med de flesta olika batterikemier/-typer under olika förhållanden.

Osäkerheterna på detta område är stora men det pågår för närvarande ett projekt hos RISE i Sverige, kallat COMBAT, där explosionsriskerna med batterienergilagrar kartläggs mer i detalj. Resultaten av det projektet är dock inte publicerat vid tidpunkten för denna rapports skrivande.

3.7 Släcksystem för batterienergilagrar

Att släcka bränder i batterienergilagrar är utmanande. I en systematisk litteraturstudie över olika släckmedel för litiumjonbatterier konstaterades att största delen av de studier som är genomförda på området är småskaliga, antingen på cell- eller modulnivå [37]. Utifrån de tester som ingick i studien, både små- och storskaliga, kunde dock ett antal relevanta slutsatser dras.

Det konstateras att vattenbaserade släckmedel (t.ex. sprinkler, vattendimma eller vattensystem med tillsatser) generellt presterar bättre än gas- och aerosolsystem [37]. Detta grundar sig i att även fast de flesta släcksystemen som testats kan släcka flammorna från batteribränderna så ger vattenbaserade system större kyleffekt, vilket motverkar fortsatt termisk rusning bättre än andra system. För experiment utförda i batterienergilagrar var högtrycksvattendimma det bäst presterande systemet. En viktig slutsats är även att om gas- eller aerosolsystem används så bör det finnas ett vattenbaserat system som "backup".

En annan relevant slutsats är att släckeffektiviteten påverkas av batterikemin [37]. I studien konstateras det att litiumjonbatterier av LFP-typ är enklare att släcka och kyla än batterier av typerna

NMV eller LCO. Det konstateras även att ju högre kapacitet som finns i batterienergilagret, desto mer släckmedel kommer behövas för att släcka. Detta korrelerar alltså med att brandbelastningen i batterienergilagret ökar.

4. INTERVJUSTUDIE

Den intervjustudie som genomfördes inom projektet fokuserade på erfarenheter av batterienergilagrar, brandsäkerhet i dessa samt även andra kostnadsdrivande faktorer och krav. Intervjustudien genomfördes med fyra olika fastighetsägare, MKB Fastighets AB, Einar Mattsson, Wallenstam och Stena Fastigheter.

I avsnitten nedan redovisas resultatet av intervjuerna på ett övergripande sätt.

4.1 Batteriteknologier och storlekar

Samtliga av de intervjuade fastighetsägarna har (eller har haft) batterienergilagrar inom sitt fastighetsbestånd, och några av dem har därtill nya anläggningar under projektering eller pågående uppförande. När intervjuer genomfördes (våren 2024) hade fastighetsägarna tillsammans sju stycken batterienergilagrar i drift, varav merparten var uppförda under de senaste fem åren. En av fastighetsägarna har tidigare haft ytterligare en anläggning, vilken dock är tagen ur drift i dagsläget.

Merparten av de berörda batterienergilagarna är placerade inom (eller i anslutning till) flerbostadshus, men en av fastighetsägarna har även batterienergilagrar för kommersiella fastigheter. Vissa av anläggningarna har installerats i befintliga byggnader i efterhand, medan vissa av anläggningarna har installerats som en ursprunglig del av en nyproducerad byggnad. Anläggningarna är placerad i olika delar av landet, men primärt i storstadsregionerna Stockholm, Göteborg och Malmö.

Storleken/kapaciteten på de berörda batterienergilagarna ligger i huvudsak inom spannet 50-300 kWh. För de flesta av fastigheterna finns även solcellsanläggningar installerade, men inte i samtliga fall.

Syftet med anläggningarna uppges primärt vara energioptimering och att kapa effekttoppar (dvs att jämna ut effekten och på så vis minska effektpiset). Den väderberoende elproduktionen (tex med solceller) förutspås att öka, och likaså förutspås fortsatt stora fluktuationer i elpriset. Med detta följer ett behov av att kunna lagra energi, antingen från egen produktion eller från nätet när elpriset är lågt, för att sedan kunna använda den när antingen behovet eller elpriset är högt. I vissa fall nämns även självförsörjning som en drivkraft för att installera batterilagrar. Likaså att sälja stödtjänster till Svenska Kraftnät, tex genom att bidra till att balansera/stabilisera elnätet.

Batteri-teknologin i de berörda anläggningarna utgörs i nästan samtliga fall av olika typer av litiumjonbatterier. Uppgift om vilken underkategori av litiumjonbatterier som används, dvs typen av katodmaterial, har inte erhållits för alla anläggningar, men i förekommande fall så har det rört sig om antingen litiumjärnfosfat (LFP) eller nickel-mangan-kobolt (NMC). Det enda undantaget från litiumjon-teknologi var en anläggning där fastighetsägaren istället använt sig av nickelmetallhydrid-batterier (NiMH), men denna är idag tagen ur drift på grund av problem med batterierna och dess återförsäljare.

4.2 Brandtekniska åtgärder för batterienergilagren

I detta avsnitt redogörs övergripande för vilka brandtekniska åtgärder och installationer som förekommer inom de intervjuade fastighetsägarnas batterienergilagrar. Vissa av åtgärderna är återkommande för i princip samtliga anläggningarna, samtidigt som det finns flera variationer i vilka åtgärder som vidtagits.

De aktuella batterienergilagarna förknippas delvis med olika dimensionerande förutsättningar, vilket såklart kan tänkas ha en påverkan på vilka åtgärder som vidtagits. Exempelvis vilken typ och storlek av byggnad som batterienergilagret är placerat inom, samt vilken verksamhet som bedrivs i byggnaden i övrigt. En annan dimensionerande förutsättning kan vara i vilken del av byggnaden som batterienergilagret är placerat i. De aktuella batterienergilagarna har delvis olika placering inom byggnaderna. Exempel på förekommande placeringar är inom driftrum i källarplan, integrerat inom ett underjordiskt garage, inom teknikrum i vindsplan, i ett tidigare cykelförråd i markplan samt integrerat i ett friliggande miljöhus.

Flera av fastighetsägarnas representanter uppger även att kravställningen på brandtekniska åtgärder varierar, dels utifrån vilken del av landet som projektet genomförs, dels utifrån vilka aktörer som är

involverade i projektet. De geografiska variationerna uppges bl.a. vara en följd av att riktlinjerna från den kommunala räddningstjänsten skiljer sig över landet, dels avseende vilka konkreta åtgärder som lyfts fram, dels avseende vilka krav som ställs på redovisning av dokumentation och riskanalys.

Vad gäller skillnader utifrån vilka aktörer som är involverade i projekten, så uppges ett par av fastighetsägarna som exempel att krav och åtgärder kan variera utifrån vilken brandkonsultfirma som är involverad i projekteringen. Likaså påverkas åtgärderna av huruvida deras försäkringsbolag är involverade i projektet eller ej, samt av vilka brandtekniska anvisningar som framförs av leverantören av batterienergilagret.

En av fastighetsägarna framförde att kravnivån delvis också kan bero av huruvida installationen omfattas av lov- eller anmälningsplikt till kommunens byggnadsnämnd eller inte. Ett batterienergilagret som installeras i ett befintligt teknikrum i en befintlig byggnad (utan behov av byggnadstekniska åtgärder) är inte nödvändigtvis anmälningspliktigt. I grunden ska brandskyddet utformas på samma sätt oberoende av detta, men det är inte otänkbart att eventuella riktlinjer från den kommunala räddningstjänsten missas ifall anläggningen inte är anmälningspliktig.

I punkterna nedan redovisas brandtekniska åtgärder som fastighetsägarnas representanter uppgav finns i deras batterienergilagret. De vanligaste åtgärderna är redovisade överst och därifrån i minskande omfattning till de sista punkterna med åtgärder som endast finns i enstaka anläggning.

- **Obrännbara ytskikt och material:** För samtliga anläggningar har det varit ett uttalat krav på obrännbara ytskikt och/eller att begränsa mängden brännbart material i närheten av batterienergilagret.
- **Skyltning:** Samtliga av anläggningarna är försedda med skyltning för varning respektive information om förekomsten av batterier.
- **Manuell släckutrustning:** Samtliga av de aktuella anläggningarna är utrustade med handbrandsläckare, antingen inom utrymmet eller i nära anslutning till batterienergilagret. En av fastighetsägarna har även försett sina anläggningar med brandfilter.
- **Brandteknisk avskiljning:** I merparten av de aktuella anläggningarna är batterienergilagret placerat inom ett brandtekniskt avskilt teknikrum, företrädesvis med brandteknisk klass EI 60. I vissa av dessa fall är batterienergilagret samförlagt med andra installationer inom teknikrummet, tex inom ett elrum eller ställverk.

Ett undantag förekommer från placering i egen brandcell. I det fallet är batterienergilagret integrerat i ett underjordiskt garage och avskild från parkeringsytorna med gallerväggar som delvis är skivbeklädda för att utgöra ett skydd mot värmestrålning.

- **Brandkårsbrytare:** Merparten av anläggningarna är försedda med brandkårsbrytare för frånskiljning av likströmskablage för att möjliggöra en säkrare insatsmiljö för räddningstjänsten.
- **Automatiskt brandlarm:** Automatiskt brandlarm finns i merparten av de aktuella anläggningarna. Enstaka anläggning utan någon form av branddetektering förekommer dock. I vissa av anläggningarna har brandlarmet installerats lokalt som en följd av själva batterienergilagret, medan det i vissa fall finns ett byggnadsövergripande brandlarm som även övervakar batterienergilagret (dvs där brandlarmet har installerats av andra skäl).
- **Brandgasventilation:** En majoritet av anläggningarna (två tredjedelar) är försedda med någon form av dedikerad brandgasventilation. Olika lösningar förekommer, delvis beroende på om batterienergilagret är placerat i anslutning till yttervägg eller mer centralt i byggnaden. De vanligaste lösningarna är att brandgasventilation antingen sker via dörrar direkt mot fria som öppnas av räddningstjänsten, alternativt med hjälp av brandgasfläktar som aktiveras manuellt av räddningstjänsten.

Ett par av batterienergilagerna saknar dock anordningar för separat brandgasventilation och förutsätter i stället att detta sker via trapphus eller annat angränsande utrymme.

- **Allmänventilation (explosionsförebyggande ventilation):** För en majoritet av anläggningarna har det beaktats att utrymmena ska ha en god allmänventilation för att minska risken för ansamling av brännbara gaser i händelse av termisk rusning. Vilket grundflöde som har kravställts för att tillse detta tycks dock variera.
- **Automatiskt släcksystem:** En av anläggningarna är försedd med ett automatiskt gassläcksystem. I detta fall installerades dock batterierna i ett befintligt ställverksrum som var skyddat med släcksystemet redan innan det konverterades till ett energilager.
- **Gasdetektion:** En av fastighetsägarna har installerat gasdetektorer i sina batterienergilagrar, med syfte att detektera brännbara gaser som avges vid termisk rusning (tex kolmonoxid). Gasdetekteringen används bl.a. för att skicka larmsignal samt att "stänga ner" batterierna automatiskt.
- **Släckvattenhantering:** För en av anläggningarna har åtgärder vidtagits för invallning av kontaminerat släckvatten inom utrymmet. För övriga anläggningar tycks släckvattenfrågan inte inneburit några tillkommande krav.
- **Övertrycksättning:** För en av anläggningarna finns möjlighet att manuellt aktivera forcering av tilluftsfläkt och på så vis övertrycksätta utrymmet.

I sammanhanget är det viktigt att poängtera att ovanstående inte ska ses en fullständig sammanställning av alla brandskyddsåtgärder som finns i de aktuella anläggningarna. Intervjuerna har inte kompletterats med skriftliga handlingar eller beskrivningar för batterienergilagren. Innehållet i sammanställningen är därför direkt relaterat till de intervjuade personernas kunskap om brandskydd i allmänhet och utformningen av de aktuella anläggningarna i synnerhet. Det hålls som sannolikt att det finns ytterligare åtgärder vid anläggningarna som påverkar brandskyddet. Som exempel är det sannolikt så att de aktuella batterienergilagerna är försedda med någon form av BMS som övervakar och styr anläggningen, och på så vis är en central del i att förebygga uppkomst av termisk rusning och brand.



Figur 3: Summering av brandskyddsåtgärder som de intervjuade fastighetsägarna uppger att de har vidtagit för sina batterienergilagrar

De intervjuade fastighetsägarna uppger generellt att brandskydd är en prioriterad fråga för dem, samt att det är viktigt att erforderliga brandskyddsåtgärder vidtas för deras batterienergilagrar. Samtidigt så är de såklart angelägna om att hålla nere kostnaderna för projekt och drift.

Brandtekniska åtgärder som lyfts fram av fastighetsägarna som särskilt kostnadsdrivande är exempelvis automatiskt brandlarm, automatiska släcksystem och gasdetektorer/gaslarm. Gemensamt för dessa är att det är aktiva brandskyddssystem som både förknippas med en initial investeringskostnad och en löpande driftkostnad för underhåll och funktionsprovning, samt i de flesta fall även en abonnemangskostnad för anslutning till larmcentral.

Vilket framgår av sammanställningen ovan så är det inte alltid som det ställs krav på särskilda åtgärder för släckvattenhantering för batterienergilagrar. Några av fastighetsägarna uppger dock att det är en fråga som ofta diskuteras i projekten, och att de ser en osäkerhet kring vilka krav för släckvattenhantering som kan bli aktuella för framtida projekt, då det riskerar att bli särskilt kostnadsdrivande.

Slutligen uppger några av fastighetsägarna att brandskyddskrav som styr placeringen av batterienergilagrar till en viss del av byggnaden (normalt markplanet), eller till en friliggande placering utanför byggnaden, riskerar att vara särskilt kostnadsdrivande för framtida projekt. En fastighetsägare nämner som exempel att det för ett projekt krävdes att batterienergilagret skulle placeras i byggnadens markplan med dörr direkt till det fria, men att det utifrån ett kostnadsperspektiv hade varit mer rationellt att placera batterienergilagret i byggnadens vindsplan i närheten av en solcellsanläggning på tak som uppfördes som del av samma projekt. En annan fastighetsägare nämner placering inom underjordiska garage som ett kostnadseffektivt alternativ. Vidare är det särskilt avgörande att det finns en flexibilitet för placeringen i projekt där batterienergilagrar installeras i en befintlig byggnad. För befintliga byggnader kan det vara utmanande att hitta ett ledigt utrymme i markplanet, medan det inte sällan finns tillgängliga utrymmen i exempelvis källarplanet.

4.3 Andra kostnadsdrivande krav/faktorer

För batterienergilagrar ställs det även andra kostnadsdrivande krav som inte är direkt relaterade till brandskydd. Ett exempel på ett sådant, som lyftes fram av en av fastighetsägarna, är att det i vissa fall kan finnas risk för elektromagnetisk strålning vars spridning behöver reduceras genom byggnadstekniska åtgärder. Vid ett av fastighetsägarens batterienergilagrar har detta åtgärdats genom att montera ett skikt med fem millimeter tjock aluminiumplåt i både väggar och tak som skydd mot angränsande bostadslägenheter.

En annan kostnadsdrivande åtgärd som lyftes fram i intervjuerna är installationen av kylsystem som behövs för att hålla batterierna vid rätt temperatur. Temperaturen i utrymmet är viktig för att optimera batteriernas effektivitet och livslängd, men också för att förhindra överhettning och i förlängningen minska risken för termisk rusning.

Som nämnt i föregående avsnitt så kan en styrd placering av batterienergilagrar till byggnadens markplan vara kostnadsdrivande för installationen. Förutom att man kan behöva avsätta värdefull yta i markplanet, så driver även fysiska avstånd mellan olika anläggningsdelar ökade installationskostnader. Om batterienergilagret ska samverka med en solcellsanläggning på byggnadens tak så är det önskvärt att dessa är placerade i närheten av varandra. Vid långa avstånd så tillkommer kostnader dels för själva kabeldragningen, dels att det då kan behövas flera olika växelriktare/likriktare för att undvika likströmskablage genom byggnaden. Varje växelriktare innebär även effektförluster i systemet som resulterar i en sämre ekonomi under driftskedet.

5. FAKTORER SOM BÖR BEAKTAS FÖR BRANDSKYDD AV BATTERIENERGILAGER

I detta avsnitt analyseras brandriskerna med batterienergilagrar för att avgöra om, och i så fall hur, skillnader i brandskyddet behövs för sådana installationer. Bedömningen av relevanta faktorer grundar sig primärt i litteraturstudien. Relevanta faktorer har delats in utifrån huvudrubrikerna i de kommande byggreglerna för att tydliggöra vilka faktorer som påverkar respektive del.

5.1 Möjlighet till utrymning vid brand

Utifrån de riktlinjer som identifierats och inventerats i detta projekt kan det konstateras att riktlinjer kopplat till utrymning vid brand inte är vanligt förekommande. Ett mindre antal riktlinjer berör utrymning genom att ange att placering av batterienergilagret inte ska vara i närheten av rum med sovande personer, att det inte ska placeras i, eller i anslutning till, utrymningsväg och/eller att batterienergilagret inte ska placeras i utrymmen med stadigvarande vistelse av personer.

En faktor som identifierats i litteraturstudien och som kan vara viktig kopplat till utrymning är att batterienergilagrar har ett potentiellt snabbt brandförlopp. I vissa fall kan bränder i batterienergilagrar även leda till explosion. Det innebär att om en brand uppstår i ett batterienergilagrar som är placerat i anslutning till den enda utrymningsvägen ut från ett utrymme, i ett utrymmande med sovande personer, eller liknande så kan förloppet vara sådant att utrymningsförutsättningarna snabbt påverkas.

Det snabba brandförloppet som kan uppstå vid en brand i batterienergilagret bedöms således vara en faktor som bör beaktas för brandskyddet.

5.2 Skydd mot uppkomst av brand

Som anges i avsnitt 3.4 så klassas utrymmen med batterienergilagrar med större kapacitet än 20 kWh som utrymmen med hög sannolikhet för uppkomst av brand enligt de nya byggreglerna. Det finns väldigt lite statistik kring brandrisker för batterienergilagrar, men det har inte identifierats någon studie som tyder på en väsentligt förhöjd risk för uppkomst av brand jämfört med andra tekniska installationer, bilar eller andra allmänna brandrisker.

I litteraturstudien konstateras det att risken för uppkomst av brand kan påverkas av olika externa faktorer, t.ex. mekanisk påverkan på batterienergilagret eller att utrymmet det står i blir för varmt vid drift. I riktlinjerna finns ett antal åtgärder för att minska risken för uppkomst av brand i batterienergilagret, där det vanligaste är just att det ska placeras med ett skydd mot mekanisk påverkan. Andra åtgärder är verifierad systemdesign avseende termisk rusning/propagering, BMS för styrning/övervakning och intern avskiljning av celler/moduler/rackskåp.

Det konstateras även i litteraturstudien att olika batterityper sannolikt har olika risker för uppkomst av brand och det är även sannolikt att framtida batterityper kan skilja sig från dagens batterier avseende denna faktor.

Sammantaget kan det konstateras att batterienergilagret bör placeras/utformas med hänsyn tagen till risken för uppkomst av brand som det aktuella batteriet medför. Placering bör även beakta faktorer som kan påverka denna risk, t.ex. mekanisk påverkan, ventilation, och liknande.

5.3 Skydd mot utveckling och spridning av brand- och brandgaser inom byggnad

Utifrån de studier som identifierats i litteraturstudien kan det konstateras att den vanligaste riktlinjen kopplat till batterienergilagrar är att utföra detta som egen brandcell. I de nya byggreglerna ställs det även krav på att batterienergilagrar med större kapacitet än 20 kWh ska placeras i egen brandcell. Det anges dock även att om en brand endast kan förväntas få begränsad konsekvens för utrymnings säkerheten så kan batterienergilagret placeras i en brandcell med annan användning.

I avsnitt 3.5 konstateras det att batterienergilagrar inte normalt är förknippade med hög brandbelastning. Det innebär att brandförloppen i ett batterienergilagrar inte nödvändigtvis blir mer påfrestande på t.ex. brandcellsgränser eller bärande konstruktioner på grund av energitillhålllet i den brand som kan uppstå.

Som det också konstateras i litteraturstudien så är dock batterienergilagrar ofta förknippade med en risk för explosion. Detta är en olyckslast som de flesta utrymmen i en byggnad inte är utformade att hantera och konsekvenserna av en sådan händelse behöver därför beaktas när det kan inträffa. Vid placering av batterienergilagrar som har risk för explosion behöver det då tas hänsyn till om explosionen kan påverka den brandavskiljande funktionen hos byggnadsdelar eller funktionen på bärverket i byggnaden.

5.4 Skydd mot brandspridning mellan byggnader

I och med att brandbelastningen för ett batterienergilagrar i de flesta fall inte bedöms vara större än "normal brandbelastning" är risken för brandspridning mellan byggnader på grund av batterienergilagret inte heller förhöjd. Dock är återigen explosionsrisken en faktor som skiljer sig och som kan behöva beaktas. Även svårigheten att kontrollera och/eller släcka en brand är en faktor som skiljer bränder i batterienergilagrar från andra typer av bränder och något som kan behöva beaktas då längre brandförlopp kan ge högre risk för brandspridning till intilliggande byggnader. För friliggande batterienergilagrar kan kapaciteten dessutom vara väldigt hög, vilket kan påverka de förlopp som behöver beaktas vid projektering.

5.5 Räddningspersonalens säkerhet vid brand

I och med riskerna med batterienergilagrar är det viktigt att räddningstjänsten får så goda möjligheter att hantera situationen som möjligt. För att kunna genomföra en säker insats är korrekt information en viktig del. Detta återspeglas även i riktlinjerna, där de flesta förespråkar åtgärder som skyltning/information och många även efterfrågar enklare insatskort i anslutning till batterienergilagret, eller i angreppsvägen som leder till detta. I flera riktlinjer efterfrågas även information gällande likströmskablage och att sådant eventuellt kablage förläggs synligt och tydligt uppmärkt.

Utöver information/skytning är brandgasventilation något som de flesta riktlinjer anger och det är även ett krav i de nya byggreglerna för batterienergilagrar med en kapacitet större än 20 kWh. Möjligheten att ventilerar ut brandgaser vid en brand ses alltså som en viktig del av att kunna genomföra en säker insats. Det anges även i flera riktlinjer att kontaminerat släckvatten kan behöva hanteras. I fall med stora batterienergilagrar eller känslig miljö kan det vara viktigt att förhindra att kontaminerat släckvatten släpps ut okontrollerat.

Det förekommer även andra insatshöjande åtgärder i riktlinjerna men sammantaget bedöms ovanstående vara de som har störst koppling till de brandtekniska risker som ett batterienergilagrar innebär.

5.6 Bärförmåga vid brand

För bärförmåga vid brand är situationen relativt liknande den som anges för skydd mot utveckling och spridning av brand och brandgaser inom byggnad samt skydd mot brandspridning mellan byggnader. Detta innebär att ett brandförlopp inte förväntas vara mer omfattande än det som kan uppstå av brandbelastningen som normalt projekteras för, men explosionslasten kan påverka skyddet om detta inte beaktas. I de fall batterienergilagret har en risk för explosion kan detta alltså behöva beaktas vid projektering.

5.7 Egendomsskydd

Egendomsskydd kan vara en viktig faktor för brandskydd och är något som inte direkt regleras i bygglagstiftningen. För fastighetsägare kan det därför finnas motiv till att utöka brandskyddet för att skydda egendom när ett batterienergilagrar installeras. I fall där egendomsskydd är särskilt viktigt bedöms de huvudsakliga faktorerna att beakta vara att en eventuell brand/explosion i

batterienergilagret ska begränsas så att det inte påverkar övriga värden samt att skada på övriga värden kan begränsas om en släckinsats behöver utföras.

Vid val av släcksystem med hänsyn till egendomsskydd kan det konstateras att vattenbaserade system sannolikt presterar bättre i att släcka och kyla bränder i batterienergilagrar.

6. FUNKTIONSKRAV FÖR BRANDSKYDD AV BATTERIENERGILAGER

Utifrån genomförd litteraturstudie och intervjuer har följande funktionskrav formulerats för brandskydd av batterienergilagrar. Funktionskraven är grupperade enligt de övergripande avsnitten i Boverkets byggregler. I samband med funktionskravet ges även en förklaring av vad som avses med funktionskravet för att förtydliga möjliga tillämpningsalternativ.

6.1 Möjlighet till utrymning vid brand

Nedan beskrivs funktionskrav kopplat till möjlighet till utrymning vid brand.

Batterienergilagret ska placeras/utformas så att brand eller explosion i batterienergilagret inte påverkar möjligheten till utrymning vid brand i mer än begränsad omfattning.

Funktionskravet innebär att placering eller utformning av batterienergilagret ska vara sådan att utrymningssäkerheten inte kritiskt påverkas av en eventuell brand i batterienergilagret. Detta kan uppnås genom placering av batterienergilagrar i egen brandcell, strategisk placering inom brandcell med annan verksamhet och/eller genom tekniska system som innebär tidig varning för personer inom brandcellen om något inträffar i batterienergilagret. Tillämpas det senare bör det beaktas att brandförlopp i vissa typer av batterienergilagrar kan vara extremt snabba, vilket gör att tidig varning endast kan förväntas ha effekt i relativt begränsade utrymningsscenarier. Även ytskikt i det utrymme som batterienergilagret står i kan påverka brandförloppets hastighet och obrännbara ytskikt kan minska risken för snabba brandförlopp.

6.2 Skydd mot uppkomst av brand

Nedan beskrivs funktionskrav kopplat till skydd mot uppkomst av brand.

Batterienergilagret ska placeras och/eller utformas så att risken för brands uppkomst i batterienergilagret begränsas.

Funktionskravet innebär att batterienergilagret ska utformas med erforderliga skyddssystem för att minska risken för att en brand uppstår i batterienergilagret. Detta kan vara skydd mot termisk propagering, övervakning via BMS och/eller andra system/skyddsåtgärder. På motsvarande sätt ska batterienergilagret placeras inom ett utrymme där förhållandena är sådana så att risken för brand i batteriet inte påverkas negativt, t.ex. gällande ventilation/kyla och liknande. Vid behov kan risken även hanteras genom släcksystem med visad effekt på batteribränder.

Batterienergilagret ska placeras och/eller utformas så att det skyddas mot mekanisk påverkan av eventuell verksamhet i samma utrymme.

Funktionskravet innebär att om batterienergilagret placeras tillsammans med andra verksamheter eller på annat sätt i ett utrymme där det finns risk för att batterienergilagret utsätts för mekanisk påverkan, t.ex. påkörning, så ska skydd mot detta finnas. Syftet är att minimera risken för att en brand uppstår på grund av batteriet skadats av en sådan påverkan.

6.3 Skydd mot utveckling och spridning av brand och brandgaser inom byggnad

Nedan beskrivs funktionskrav kopplat till skydd mot utveckling och spridning av brand och brandgaser inom byggnad.

Batterienergilagret ska placeras och/eller utformas så att risken för brands uppkomst inte avsevärt ökar för utrymmet det placeras i. Batterienergilagrar som innebär förhöjd risk för brands uppkomst kan dock placeras inom ett utrymme om det placeras/utformas så att det endast i begränsad omfattning påverkar brand- och/eller utrymningssäkerheten i utrymmet.

Funktionskravet innebär att batterienergilagrar som innebär en förhöjd risk för brands uppkomst kan placeras inom utrymmen där förhöjd risk redan förekommer, t.ex. garage, men ska normalt skiljas av från övriga utrymmen. Funktionskravet öppnar även för en friare placering av batterienergilagrar om teknikutvecklingen blir sådan att mer "brandsäkra" batterier utvecklas/kommersialiseras. Det öppnar även för en friare placering i de fall som batterienergilagret kan placeras så att det inte påverkar brand- och utrymningssäkerheten i utrymmet i stor omfattning eller om det t.ex. utrustas med ett släcksystem med visad effekt för batteribränder.

Batterienergilagret ska placeras och/eller utformas så att det inte finns förhöjd risk för omfattande brand- eller brandgasspridning om en brand skulle sprida sig till batterienergilagret från annan verksamhet i samma brandcell.

Funktionskravet innebär om batterienergilagret placeras i samma brandcell som annan verksamhet, så ska det säkerställas att det inte finns en förhöjd risk för omfattande brand- och/eller brandgasspridning om en brand skulle uppstå i brandcellen, med annat startobjekt än batterienergilagret. Detta skulle kunna säkerställas genom olika åtgärder för att minska risken för omfattande brand inom brandcellen, t.ex. genom olika typer av släcksystem, skyddsavstånd, strålningsskydd för batterienergilagret och/eller brandgasventilation, med mera.

Batterienergilagret ska placeras och/eller utformas så att risken för explosion från batterienergilagret inte innebär att risken för omfattande brandspridning ökar.

Funktionskravet innebär att om batterienergilagret har en risk för explosion vid brand, eller av annan orsak, ska det placeras eller skyddas på ett sådant sätt att denna risk inte innebär att risken för omfattande brandspridning ökar. Detta kan hanteras genom att åtgärder för att minska risken för explosion alternativt minska konsekvensen vid en eventuell explosion.

6.4 Skydd mot brandspridning mellan byggnader

Nedan beskrivs funktionskrav kopplat till skydd mot brandspridning mellan byggnader.

Batterienergilagret ska placeras och/eller utformas så att det finns tillfredsställande skydd mot brandspridning mellan byggnader (där fristående batterienergilagrar räknas som byggnad)

Funktionskravet innebär att risken för brandspridning mellan byggnader inte ska vara större för en byggnad med ett batterienergilagrar än för andra byggnader. Referensnivå för acceptabel brandspridning mellan byggnader bedöms kunna fås av bygglagstiftningen. Om det är relevant ska dock risken för explosion i batterienergilagret beaktas även avseende denna funktion.

6.5 Räddningspersonalens säkerhet vid brand

Nedan beskrivs funktionskrav kopplat till räddningspersonalens säkerhet vid brand.

Räddningstjänsten ska förse med tillräcklig information gällande batterienergilagret för att kunna planera för och genomföra en säker insats.

Funktionskravet innebär i de flesta fall att utrymmen med batterienergilagrar förses med skyltning på utsidan som gör att räddningstjänsten kan planera för att hantera en batteribrand vid ankomst. I de fall

en byggnad har en brandförvarstablå bör information batterienergilagret, i form av typ och placering, även finnas där. Om byggnaden är sådan att en insatsplan finns bör batterienergilagret även märkas ut på denna.

Om batterienergilagret är stort och/eller av sådan typ att särskilda brandrisker föreligger kan det i sig vara skäl att upprätta en insatsplan/insatskort. Utformningen av informationen bör ta hänsyn till räddningstjänstens förväntade insatsstrategi, vilket exempelvis skulle kunna innebära att för batterienergilagret i bostadshus eller liknande förslagsvis förses med insatskort vid en insatspunkt i byggnaden och inte en regelrätt insatsplan, då detta inte kommer förväntas förekomma vid insats.

Batterienergilagret kan även utformas med torrörssystem för möjlighet till släckning inne i batterienergilagrets brandcell utan att räddningspersonalen behöver öppna brandcellen. Behovet av detta behöver då avgöras i respektive projekt.

Batterienergilagret ska vara placerat och/eller utformat så att det finns förutsättningar för räddningspersonal att ventilerar ut brandgaser i den utsträckning som krävs för att genomföra räddningsinsatser med tillfredställande säkerhet.

Funktionskravet innebär att brandgasventilering normalt krävs i utrymmen med batterienergilagret. Brandgasventilationen kan utformas som öppningar i fasad, via kanalbundna system eller med andra lösningar.

Batterienergilagret med tillhörande likströmsutrustning ska utformas så att räddningspersonalen inte riskerar att utsättas för okända eltekniska risker vid insats.

Funktionskravet innebär att likströmsdelar kopplade till batterienergilagret bör kunna göras spänningslösa vid insats. Alternativt ska sådan utrustning vara tydligt uppmärkt.

Batterienergilagret bör vara placerat och/eller utformat så att eventuella förhöjda risker för miljöeffekter vid släckinsats kan begränsas av räddningspersonalen.

Funktionskravet innebär att om släckvatten från batterienergilagret bedöms vara sådant att det kan ha avsevärd miljöpåverkan bör detta kunna samlas upp och pumpas bort av räddningstjänsten under/efter insats.

6.6 Bärförmåga vid brand

Nedan beskrivs funktionskrav kopplat till räddningspersonalens säkerhet vid brand.

Batterienergilagret ska placeras/utformas så att en eventuell explosion i batterienergilagret inte innebär att bärverket i byggnaden riskerar att påverkas på ett sådant sätt att personsäkerheten avsevärt försämras.

Funktionskravet innebär att om batterienergilagrets utformning är förknippat med en risk för explosion så behöver det säkerställas att en sådan explosion inte medför risk för att bärverk i byggnaden kollapsar på ett sådant sätt att personer riskerar att skadas av kollapsen. Detta kan lösas t.ex. genom tryckavlastning av utrymmet, genom att dimensionera aktuella bärverksdelar för olyckslasten som kan förväntas vid en explosion, eller genom att placera batterienergilagret så att skyddsvärda bärverksdelar inte riskerar att påverkas.

6.7 Egendomsskydd (utökat skydd)

Egendomsskydd är inte reglerat explicit i bygglagsstiftningen. Dock har de flesta aktörer som varit involverade i detta arbete efterfrågat att egendomsskydd på ett eller annat sätt ska beaktas i arbetet då detta ofta är en relevant fråga kopplat till batterienergilagret. Nedan anges därför funktionskrav kopplat till egendomsskydd. Dessa kan betraktas som en frivillig skyddsnivå som kan tillämpas om någon intressent efterfrågar utökat egendomsskydd.

Batterienergilagret ska placeras och/eller utformas så att risken för påverkan på egendom och värden minimeras.

Funktionskravet innebär att värdet på egendom, verksamheter och annat ska värderas vid val av placering och utformning av batterienergilagret. Batterienergilagret ska sedan placeras/utformas så att det ger så liten påverkan som möjligt på egendom och/eller andra värden om en brand eller explosion inträffar. Det kan handla om placeringar utomhus, med avstånd till värdefull egendom, eller i egen brandcell med tillräckligt skydd mot brand och explosion för att hantera eventuella scenarier som kan inträffa i batterienergilagret.

Om släcksystem är aktuellt så indikerar litteraturstudien att vattenbaserade system presterar bäst för att släcka bränder i batterienergilagret. Storskaliga försök indikerar att högtrycksvattendimma kan vara ett bra val för att nå bästa släck- och kyleffekt. Valet av släcksystem kan dock påverkas av andra faktorer, t.ex. påverkan på kringliggande utrustning, vilket kan göra att andra system kan vara fördelaktiga.

Batterienergilagret ska placeras och/eller utformas så att släckinsats kan utföras utan att det skapar stor skada på egendom och/eller andra värden.

Funktionskravet innebär att påverkan på egendom, verksamheter och annat från en eventuell släckinsats ska värderas vid placering/utformning av batterienergilagret.

Om batterienergilagret ska utgöra en del av en verksamhet med höga krav på kontinuitet ska det utformas en kontinuitetsplan för att hantera situationer som kan uppstå vid brand i batterienergilagret.

Detta kan vara till exempel vara aktuellt om batterienergilagret ska utgöra kraftkälla till en viktig del av en verksamhet eller liknande.

7. KOSTNAD/NYTTA UTVÄRDERING

I projektet har det varit utmanande att identifiera vilka kostnader olika lösningar inneburit. Installationer av batterier skiljer sig i flera avseenden och all information gällande installation och byggkostnader har inte gått att identifiera. Vissa installationer har utnyttjat befintliga utrymmen, medan andra har placerats i utrymmen byggda särskilt för batterienergilagret. Sammantaget gör skillnaderna i kravnivå, utförande och system att några generella slutsatser gällande kostnad-/nytta perspektiv inte kan dras. Det går dock att göra vissa generella noteringar kopplat till de åtgärder som fastighetsägarna beskrivit som kostnadsdrivande. Detta görs under respektive rubrik nedan.

7.1 Placering

En faktor som nämns som kostnadsdrivande är att placering av batterienergilagret i flera riktlinjer krävs till egen byggnad utomhus eller i markplan med dörr direkt till det fria. Detta kan vara kostnadsdrivande av flera anledningar och kan även påverka fasaden, vilket i sin tur kan leda till behov av bygglov eller liknande. Även placeringar i friliggande delar kan skapa problematik kring avstånd till andra byggnader och kräver normalt bygglov. Vid installation i befintliga byggnader kan det vara avgörande för att kunna möjliggöra installationen av ett batterienergilagret att det finns flexibilitet i placeringen, då lokaler i markplan med dörr direkt till det fria inte alltid finns tillgängligt som möjlighet.

Genom funktionskrav kan det konstateras att de flesta funktionskrav relaterar till placeringen av batterienergilagret inom en byggnad. I korthet ska batterienergilagret placeras/utformas så att:

- **Brand/explosion inte påverkar möjligheten till utrymning vid brand i mer än begränsad omfattning**
Detta kan hanteras genom en placering som inte är i direkt anslutning till kritiska utrymningsvägar från lokaler där personer vistas stadigvarande. Andra placeringar än i markplan bedöms således möjliga för att uppfylla funktionskravet.
- **Risken för brands uppkomst i batterienergilagret begränsas.**
Detta krav kan uppfyllas även för andra placeringar än i markplan. Huvudsyftet är att förhållanden i utrymmet inte ska bidra till förhöjd risk för brands uppkomst, t.ex. genom undermålig ventilation.
- **Det skyddas mot mekanisk påverkan av eventuell verksamhet i samma utrymme.**
Detta krav kan uppfyllas även för andra placeringar än i markplan. Det kan röra sig om att placera batterienergilagret i egen brandcell, alternativt med påkörnings-, eller annat, skydd vid placering i t.ex. garage, cykelrum eller liknande.
- **Risken för brands uppkomst inte avsevärt ökar för utrymmet det placeras i. Batterienergilagret som innebär förhöjd risk för brands uppkomst kan dock placeras inom ett utrymme om det placeras/utformas så att det endast i begränsad omfattning påverkar brand- och/eller utrymnings säkerheten i utrymmet.**
Detta krav kan uppfyllas genom placering i egen brandcell, eller i en brandcell där risken för brands uppkomst i grunden är liknande, eller större, än för batterienergilagret i sig. Exempel på sådan placering kan vara i ett garage, eller liknande.
- **Det inte finns förhöjd risk för omfattande brand- eller brandgasspridning om en brand skulle sprida sig till batterienergilagret från annan verksamhet i samma brandcell.**
Detta krav kan uppfyllas genom placering i egen brandcell eller genom att batterienergilagret förses med fysiska brand- eller strålningsskydd som minskar risken för brandspridning till/från lagret till annan verksamhet inom brandcellen.
- **Risken för explosion från batterienergilagret inte innebär att risken för omfattande brandspridning ökar.**
Detta krav kan uppfyllas genom att batterienergilagret inte placeras i anslutning till brandceller som utformas som lättväggar, genom att den möjliga explosionslasten hanteras på annat vis, t.ex. tryckavlastning, alternativt genom att batteriutformningen är sådan att sannolikheten för explosion är försumbar.
- **Det finns förutsättningar för räddningspersonal att ventilerar ut brandgaser i den utsträckning som krävs för att genomföra räddningsinsatser med tillfredställande**

säkerhet.

Detta krav kan uppfyllas genom brandgasventilation. Det är möjligt att anordna på flera olika sätt i en byggnad, t.ex. genom luckor eller fläktar.

- **Eventuella förhöjda risker för miljöeffekter vid släckinsats kan begränsas av räddningspersonalen.**

Om det bedöms finnas förhöjda risker för miljöeffekter så kan utrymmet behöva utformas så att släckvatten kan hanteras. Detta kan lösas genom t.ex. invallning eller brunnar med avstängningsfunktion.

- **En eventuell explosion i batterienergilagret inte innebär att bärverket i byggnaden riskerar att påverkas på ett sådant sätt att personsäkerheten avsevärt försämras.**

Detta krav kan uppfyllas genom att batterienergilagret placeras så att en eventuell explosion inte påverkar viktiga delar av byggnadens stomme. Det kan även lösas genom tryckavlastning eller utformningar av batterienergilagret som gör att risken för explosion är försumbar.

Utöver ovanstående kan följande funktionskrav kopplade till egendomsskydd vara relevanta att beakta för placeringen:

- **Risken för påverkan på egendom och värden minimeras.**

Detta krav kan uppfyllas genom en placering av batterienergilagret som inte ligger i anslutning till viktig verksamhet eller utrymmen där stora värden finns.

- **Släckinsats kan utföras utan att det skapar stor skada på egendom och/eller andra värden.**

Detta krav kan uppfyllas genom en placering av batterienergilagret som inte ligger i anslutning till viktig verksamhet eller utrymmen där stora värden finns. Här kan en placering av batterienergilagret högre upp i byggnaden vara negativt, då detta innebär större risk för vattenskadorna på underliggande våningsplan.

Det kan alltså konstateras att flera olika placeringar av ett batterienergilagret kan vara möjliga i en byggnad. Olika placeringar kan leda till olika behov av skyddsåtgärder för att uppfylla funktionskraven. På samma sätt kan olika batterikemier, -tekniker eller -system, innebära att vissa krav kan bortses från eller anpassas till den risknivå som utformningen innebär.

7.2 Aktiva brandskyddssystem

En annan kostnadsdrivande faktor som nämndes bland fastighetsägare var aktiva brandskyddssystem, så som automatiskt brandlarm, släcksystem och/eller gaslarm. Beroende på placering kan behovet av dessa system variera, i linje med det som diskuteras ovan. T.ex. är behovet av varseblivningssystem, så som brandlarm eller brandvarnare, större om batterienergilagret placeras i, eller i direkt anslutning till, utrymmen där personer varaktigt kan befinna sig.

Om aktiva system ska installeras är det viktigt att beakta avsedd funktion i kombination med byggnads- och verksamhetstyp. Exempelvis är automatiskt brandlarm sällan en fungerande lösning i bostadshus, då organisation och strategi för hantering av sådana larmsystem sällan finns.

Behovet av aktiva brandskyddssystem kan alltså variera beroende på övriga faktorer förknippade med batterienergilagret.

7.3 Hantering av släckvatten

Även hantering av släckvatten nämndes av några fastighetsägare som en potentiellt kostnadsdrivande faktor. Behovet av när släckvatten särskilt behöver beaktas finns inte tydligt kravställt i byggregler eller riktlinjer. Det kan dock konstateras att släckvatten från ett batterienergilagret sannolikt är likvärdigt med det som fås av ett garage där el- eller hybridbilar kan förekomma.

I fall där det finns förhöjd risk kopplat till kontaminerat släckvatten bör detta dock beaktas.

8. DISKUSSION

I denna rapport har olika riktlinjer och forskning kring brandskydd i batterilager studerats. Det konstateras att det finns ett stort antal riktlinjer från olika organisationer och att dessa olika riktlinjer har vissa likheter men också relativt stora olikheter. Sammantaget är de vanligaste åtgärderna att batterienergilagret ska placeras i egen brandcell och den brandcellen ska ha tillgång till brandgasventilation. Dessa åtgärder är i linje med de krav som ställs för batterienergilagrar som är större än 20 kWh i de nya byggreglerna som gäller från och med 1/7 2025 (med övergångsperiod i ett år). I konsekvensutredningen till detta regelverk konstateras dock att detta är baserat på litiumjonbatterier och att andra batterikemier kan vara förknippade på lägre brandrisk. Med motsvarande resonemang kan sannolikt åtgärder som minskar risken för brands uppkomst och spridning bidra till ökad säkerhet för batterienergilagret och på så sätt uppfylla motsvarande funktion som eftersöks i kravställningen. Funktionskraven som anges i avsnitt 6 bedöms kunna ge vägledning i sådana avvägningar och därmed möjliggöra projektanpassade och kostnadseffektiva lösningar med bibehållen brandsäkerhet.

En aspekt som lyfts i forskningsöversikten, men som endast förekommer i enstaka riktlinjer, är risken för explosion i batterienergilagret. Denna risk behandlas inte heller i de nya byggreglerna. Risken förefaller vara relativt liten, men det är ändå något som inträffat, och lett till skador/dödsfall, i flera befintliga anläggningar. Risken för att explosiva gaser ska produceras varierar med batterikemi, batteriutformning och beror även på hur batterienergilagret placeras sett till storlek på rum, ventilation och liknande. Det finns i dagsläget inget tydligt sätt att kvantifiera varken sannolikheten för förekomst av explosion eller konsekvensen om en sådan inträffar. Forskning pågår dock på detta ämne och förhoppningsvis kommer tydligare riktlinjer kunna komma på detta område inom en relativt snar framtid. Att explosioner behöver beaktas i många fall är dock tydligt och därför har detta inarbetats i flera av funktionskraven. Funktionskraven möjliggör dock att sättet som det beaktas på kan variera, vilket är positivt sett till att kunskapsläget bedöms öka över tid.

I litteraturstudien konstateras det att olika batterikemier och -teknologier leder till olika riskbilder gällande brand och explosion. Det finns indikationer för att olika teknologier därför kan värderas olika ur ett brandtekniskt perspektiv, men på grund av bristande underlag gällande produkter på marknaden behöver sådana slutsatser grunda sig i analyser av specifika systemlösningar. Det kan noteras att det under olika förutsättningar bildas explosiva gaser för de flesta olika batterikemierna som studerats. Sannolikhet och omfattning av sådan produktion kan dock utvärderas på systemnivå från fall till fall. Detta för att avgöra huruvida funktionskraven rörande explosionsskydd behöver beaktas för den aktuella lösningen.

Intervjuerna visar att det fortfarande är relativt ovanligt med batterienergilagrar i byggnader. Detta kan bero på flera saker men flera fastighetsägare nämnde att den ekonomiska kalkylen är utmanande. Här nämns brandtekniska-, och även andra, krav/åtgärder som en del av den utmaningen. Som illustrerat i avsnitt 7 kan funktionskrav bidra till att möjliggöra en variation av lösningar, vilket bidrar positivt till kostnadseffektiviteten. Med hjälp av funktionskrav kan olika åtgärder, utformningar och/eller placeringar vägas mot varandra, både gällande säkerhet och kostnadseffektivitet.

En viktig faktor kopplat till kostnadseffektivitet är att sådana avvägningar ska göras inom ramarna för en grundläggande brandsäkerhet. Kostnadseffektiva lösningar inom detta projekt avser alltså inte lösningar där säkerhet effektiviseras bort, utan lösningar där kostnader optimeras utifrån den skyddsnivå de medför. Detta understryks av de funktionskrav som föreslås kopplat till egendomsskydd, där kostnaden för skydd behöver vägas mot kostnaden som om en brand kan medföra.

9. SLUTSATS

Det här projektet föreslår ett antal funktionskrav för brandskydd av batterienergilagrar. Funktionskraven baseras på de riktlinjer som förekommer hos olika räddningstjänster, försäkringsbolag, forskningsinstitut och andra organisationer. Genom att kategorisera och analysera de detaljkrav som förekommer hos dessa olika aktörer har syften och funktioner med åtgärderna som anges i de olika riktlinjerna identifierats. Dessa har sedan sammanställts till förslagen på funktionskrav i avsnitt 6.

Förhoppningen med att utforma funktionskrav är att dessa erbjuder en flexibilitet i kravställningar, beroende på faktorer så som batterityp, -kemi, -system, placering, situation, och så vidare. Det ger därför möjligheten att väga flera olika utformningar mot varandra för att se vilken utformning som ger högst kostnadseffektivitet inom de säkerhetsnivåer som eftersträvas för den aktuella lösningen.

Funktionskraven kan även ligga till grund för riskanalyser som genomförs i samband med införandet av batterienergilagrar i byggnader. Vid en sådan analys kan funktionskraven agera vägledande kring vilka risker som bör, eller inte bör, beaktas.

10. FÖRSLAG PÅ FRAMTIDA FORSKNING OCH UTVECKLING

Nedan ges förslag på framtida forskning som identifierats under arbetets gång.

10.1 Sannolikhet och konsekvenser för explosion i batterienergilagrar

I projektet har det konstaterats att det finns en risk för explosion i de flesta olika typer av batterienergilagrar som finns på marknaden idag. Sannolikheten och konsekvensen kopplat till en sådan händelse är dock okänd. Att tydligare kvantifiera både sannolikhet och möjlig konsekvens vid explosion i batterienergilagrar skulle kunna leda till att möjliga effektiva åtgärder som minskar riskerna kan identifieras/utvecklas.

10.2 Brandförlopp i batterienergilagrar

Det kan även vara relevanta att tydligare kvantifiera i vilken mån ett brandförlopp i ett batterienergilagrar överensstämmer med brandförloppet som beskrivs av ISO 834. ISO 834 ligger till grund för exempelvis brandklassning hos avskiljande konstruktioner och det är därför intressant att studera vilket brandskydd som i praktiken erhålls när rum för batterienergilagrar projekteras med t.ex. krav på brandceller av en viss tidsklassificering.

10.3 Nationella kravställningar på batterienergilagrar

Med grund i funktionskraven som tagits fram i denna rapport vore det gynnsamt om nationella kravställningar kopplat till batterienergilagrar utarbetades och anammades av lämplig myndighet/organisation. Exempel på lämpliga myndigheter för kravställning är Boverket eller MSB, alternativt att standardisering/branschregler utvecklas av Brandskyddsföreningen eller Svenska Institutet för Standardisering. Funktionskraven rekommenderas då ligga till grund för kravställningen och att denna utformas med utgångspunkt i dessa.

11. REFERENSER

- [1] "Varje kilowattimme (kWh) räknas - Ovanåkers kommun". Åtkomstdatum: 25 oktober 2024. [Online]. Tillgänglig vid: <https://www.ovanaker.se/nyhetsarkiv/nyheter/varjekilowattimmekwhraknas.9468.html>
- [2] J. Anund Vogel, *Smarta och hållbara byggnader: för minskad klimatpåverkan och ökat fastighetsvärde*. Stockholm: Svensk Byggtjänst, 2024.
- [3] P. Andersson *m.fl.*, "Innovativa elsystem i byggnader – konsekvenser för brandsäkerhet", Brandforsk, Stockholm, Brandforsk 2019:6, 2019.
- [4] Boverket, *Boverkets föreskrifter och allmänna råd om säkerhet i händelse av brand i byggnader (BFS 2024:7)*. Karlskrona: Boverket, 2024.
- [5] International Electrotechnical Commission, "IEC 62619:2022 - Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes - Safety requirements for secondary lithium cells and batteries, for use in industrial applications", Geneva, 2022. Åtkomstdatum: 03 februari 2025. [Online]. Tillgänglig vid: <https://webstore.iec.ch/en/publication/64073>
- [6] "UL 9540A Test Method", UL Solutions. Åtkomstdatum: 03 februari 2025. [Online]. Tillgänglig vid: <https://www.ul.com/services/ul-9540a-test-method>
- [7] NFPA, *NFPA 855 - Standard for the Installation of Stationary Energy Storage Systems*. National Fire Protection Association, 2023. Åtkomstdatum: 13 januari 2025. [Online]. Tillgänglig vid: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/nfpa-855-standard-development/855>
- [8] O. Grönlund, M. Quant, M. Rasmussen, O. Willstrand, och J. Hynynen, *Guidelines for the fire protection of battery energy storage systems*. 2023. Åtkomstdatum: 24 januari 2025. [Online]. Tillgänglig vid: <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ri:diva-68770>
- [9] Svensk Solenergi, "Riktlinjer för brandskydd av stationära batterier - Version 1.1", Stockholm, SSE.R8, 2024.
- [10] J. A. Jeevarajan, T. Joshi, M. Parhizi, T. Rauhala, och D. Juarez-Robles, "Battery Hazards for Large Energy Storage Systems", *ACS Energy Lett.*, vol. 7, nr 8, s. 2725–2733, aug. 2022, doi: 10.1021/acsenergylett.2c01400.
- [11] F. Larsson, P. Andersson, P. Blomqvist, A. Lorén, och B.-E. Mellander, "Characteristics of lithium-ion batteries during fire tests", *J. Power Sources*, vol. 271, s. 414–420, dec. 2014, doi: 10.1016/j.jpowsour.2014.08.027.
- [12] J. E. H. Buston, J. Gill, R. Lisseman, J. Morton, D. Musgrove, och R. C. E. Williams, "Experimental determination of metals generated during the thermal failure of lithium ion batteries", *Energy Adv.*, vol. 2, nr 1, s. 170–179, jan. 2023, doi: 10.1039/D2YA00279E.
- [13] J. Hou *m.fl.*, "Thermal runaway of Lithium-ion batteries employing LiN(SO₂F)₂-based concentrated electrolytes", *Nat. Commun.*, vol. 11, nr 1, s. 5100, okt. 2020, doi: 10.1038/s41467-020-18868-w.
- [14] G. Marlair, A. Lecocq, A. Bordes, P. Christensen, och B. Truchot, "Key Learnings From Recent Lithium-ion Battery Incidents that have impacted e-mobility and Energy Storage Fast Growing Markets", *Chem. Eng. Trans.*, vol. 90, s. 643–648, maj 2022, doi: 10.3303/CET2290108.
- [15] Z. Jia *m.fl.*, "Analysis of gas release during the process of thermal runaway of lithium-ion batteries with three different cathode materials", *J. Energy Storage*, vol. 50, s. 104302, juni 2022, doi: 10.1016/j.est.2022.104302.
- [16] J. Lamb, L. Torres-Castro, J. C. Hewson, R. C. Shurtz, och Y. Preger, "Investigating the Role of Energy Density in Thermal Runaway of Lithium-Ion Batteries with Accelerating Rate Calorimetry", *J. Electrochem. Soc.*, vol. 168, nr 6, s. 060516, juni 2021, doi: 10.1149/1945-7111/ac0699.
- [17] S. Shaw, "Energy Storage Systems: Based on the IBC®, IFC®, IRC® and NEC®", International Code Council, INC, 2022. Åtkomstdatum: 13 januari 2025. [Online]. Tillgänglig vid: <https://sustainableenergyaction.org/resources/icc-ess-guide/>
- [18] G. J. May, A. Davidson, och B. Monahov, "Lead batteries for utility energy storage: A review", *J. Energy Storage*, vol. 15, s. 145–157, feb. 2018, doi: 10.1016/j.est.2017.11.008.
- [19] J. Islam *m.fl.*, "Rechargeable metal-metal alkaline batteries: Recent advances, current issues and future research strategies", *J. Power Sources*, vol. 563, s. 232777, apr. 2023, doi: 10.1016/j.jpowsour.2023.232777.
- [20] Z. Chen, H. Liu, J. Nei, och N. Liu, "High-performance nickel metal hydride battery anode with enhanced durability and excellent low-temperature discharge capability", *Nano Res.*, vol. 17, nr 10, s. 8819–8825, okt. 2024, doi: 10.1007/s12274-024-6742-y.

- [21] U. Koehler, "Chapter 2 - General Overview of Non-Lithium Battery Systems and their Safety Issues", i *Electrochemical Power Sources: Fundamentals, Systems, and Applications*, J. Garche och K. Brandt, Red., Elsevier, 2019, s. 21–46. doi: 10.1016/B978-0-444-63777-2.00002-5.
- [22] W. Begum *m.fl.*, "A comprehensive review on the sources, essentiality and toxicological profile of nickel", *RSC Adv.*, vol. 12, nr 15, s. 9139–9153, mar. 2022, doi: 10.1039/D2RA00378C.
- [23] N. Borchers, S. Clark, B. Horstmann, K. Jayasayee, M. Juel, och P. Stevens, "Innovative zinc-based batteries", *J. Power Sources*, vol. 484, s. 229309, feb. 2021, doi: 10.1016/j.jpowsour.2020.229309.
- [24] Y. Wang *m.fl.*, "Developments and Perspectives on Emerging High-Energy-Density Sodium-Metal Batteries", *Chem*, vol. 5, nr 10, s. 2547–2570, okt. 2019, doi: 10.1016/j.chempr.2019.05.026.
- [25] S. Wang *m.fl.*, "Recent Progress in Rechargeable Sodium Metal Batteries: A Review", *Chem. – Eur. J.*, vol. 29, nr 3, s. e202202380, 2023, doi: 10.1002/chem.202202380.
- [26] P. Albertus, S. Babinec, S. Litzelman, och A. Newman, "Status and challenges in enabling the lithium metal electrode for high-energy and low-cost rechargeable batteries", *Nat. Energy*, vol. 3, nr 1, s. 16–21, jan. 2018, doi: 10.1038/s41560-017-0047-2.
- [27] H. Muramatsu, A. Hayashi, T. Ohtomo, S. Hama, och M. Tatsumisago, "Structural change of Li₂S–P₂S₅ sulfide solid electrolytes in the atmosphere", *Solid State Ion.*, vol. 182, nr 1, s. 116–119, feb. 2011, doi: 10.1016/j.ssi.2010.10.013.
- [28] C. Morris, "Bluebus electric minibus, with solid-state LMP batteries, operating in France", Charged EVs. Åtkomstdatum: 13 januari 2025. [Online]. Tillgänglig vid: <https://chargedevs.com/newswire/bluebus-electric-minibus-with-solid-state-lmp-batteries-operating-in-france/>
- [29] Boverket, "Konsekvensutredning BFS 2024:7 – Boverkets föreskrifter och allmänna råd om säkerhet i händelse av brand i byggnader", Boverket, Karlskrona, 31/2022, 2024.
- [30] F. Hölting, A. Kapse, F. Breer, J. Figgenger, M. Junker, och D. U. Sauer, "Quantitative Fire Risk Assessment of Battery Home Storage Systems in Comparison to General House Fires in Germany and Other Battery Related Fires", 22 oktober 2024, *Social Science Research Network, Rochester, NY*: 4995517. doi: 10.2139/ssrn.4995517.
- [31] R. Bisschop, P. Andersson, C. Forsberg, och J. Hynynen, *Lion Fire II - Extinguishment and Mitigation of Fires in Lithium-ion Batteries at Sea*. 2021. Åtkomstdatum: 24 januari 2025. [Online]. Tillgänglig vid: <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ri:diva-57323>
- [32] M. J. Spearpoint, M. Z. M. Tohir, A. K. Abu, och P. Xie, "Fire load energy densities for risk-based design of car parking buildings", *Case Stud. Fire Saf.*, vol. 3, s. 44–50, maj 2015, doi: 10.1016/j.csfs.2015.04.001.
- [33] H. Ingason, Y. Z. Li, och A. Lönnemark, *Tunnel Fire Dynamics*. New York: Springer-Verlag, 2015. doi: 10.1007/978-1-4939-2199-7.
- [34] M. McKinnon, S. DeCrane, och S. Kerber, "Four Firefighters Injured In Lithium-Ion Battery Energy Storage System Explosion - Arizona", UL Firefighter Safety Research Institute, Columbia, MD, 2020.
- [35] X. Shen *m.fl.*, "An analysis of li-ion induced potential incidents in battery electrical energy storage system by use of computational fluid dynamics modeling and simulations: The Beijing April 2021 case study", *Eng. Fail. Anal.*, vol. 151, s. 107384, sep. 2023, doi: 10.1016/j.engfailanal.2023.107384.
- [36] G. Kallin och C.-F. Lindahl, "Olycksutredning - Brand i container för batterienergilagring - Göteborg 2023-04-26", Räddningstjänsten Storgöteborg, Göteborg, 2023.
- [37] L. Cai, "Suppression of Li-ion battery fires", Lund University, Lund, 2023.

BILAGA A – SAMMANSTÄLLNING AV KRAV/REKOMMENDATIONER

Nedan sammanställs de riktlinjer som förekommer hos olika organisationer.

Vilka riktlinjer har organisationerna?

För att snabbt få förståelse av Tabell A.1 har cellerna olika färger och symboler.

- Grön cell med "X" innebär att påståendet till vänster finns med i organisationens riktlinjer.
- Grön cell med "X" och parentes med text innebär ett förtydligande av riktlinjen.
- Röd cell innebär att påståendet till vänster inte finns med i organisationens riktlinjer.
- Blå cell med "U" (Utökad) innebär att påståendet är en valfri uppgradering som med fördel kan göras.
- Grön cell med "X (U)" innebär att påståendet till vänster finns med i organisationens riktlinjer, men att vissa delar av påståendet är valfria.

Rekommendation/Riktlinjer	RISE AK1 (Småhus)	RISE AK2 (Flerbostadshus)	RISE AK3 (Storskaligt bruk)	RSYD	RSNV	RSGBG	RTJämtland	Svedala RTJ	SSBF (Storstockholm)	SBFF (Södertörn)	Brandkåren Norra Dalarna	Rtj Dala Mitt	Nerikes Brandkår	Rtj Mälardalen
Refererar till annan källa:				Sår helt bakom RISE riktlinjer (se kolumn 1.2.3), men har några tillägg (denna kolumn)	RSNV anser att batterier/placer ska utföras helt i enlighet med RISE vägledning	Sår helt bakom RISE riktlinjer (se kolumn 1.2.3), men har några tillägg (denna kolumn)		Generellt remissvar Riddningstjänsterna i Skåne	Sår helt bakom RISE riktlinjer (se kolumn 1.2.3), men har några tillägg (denna kolumn)	Eget solcells PM	Eget solcells PM	Eget solcells PM	Eget solcells PM	Eget solcells PM
Batterityp:	Litiumjon	Litiumjon	Litiumjon	Litiumjon	Litiumjon	Litiumjon	Litiumjon (nämner Blybatterier och nickelmetallhydrid)	Litiumjon	Litiumjon (nämner Blybatterier men görs ingen analys)	Nämner ingen typ (Implicit Litiumjon)	Litiumjon	Nämner ingen typ (Implicit Litiumjon)	Nämner ingen typ (Implicit Litiumjon)	Litiumjon
Brandtekniskt avskilt utrymme:		X	X	X (RISE)	X (RISE)	X (RISE)	X	X	X (RISE)		X (E60)	X (E60)	X (E60)	X
Brandgasventilation	X	X (U) (gnistsäker brandgasfåkt aktiverbar från säkert plats)	X (brandgasfåkt aktiverbar från säkert plats)	X (Ska alltid ha möjlighet till ventilation)	X (RISE)	X (RISE)	X	X	X (RISE)		X (större lager)		X (större lager)	X
Risikanalyt/riskbedömning:	X (>600kWh)	X (>600kWh)	X	X (RISE)	X (RISE)	X (RISE)	X (Skriftligt)		X (Skriftligt oavsett vilken typ)					X
Skytning info/varning:	X	X	X	X (RISE)	X (RISE)	X (RISE)	X		X (RISE)		X	X		X
Säkerhetsbrytare för DC-kablage:	X	X	X	X (RISE)	X (RISE)	X (RISE)	X	X	X (RISE)		X			X
Placering utomhus/friliggande med skyddsavstånd	X (Bör ej placeras i byggnad för sovande i första hand)			X (RISE)	X (RISE)	X (RISE)			X		X (större lager)	X	X	Förordar inte separat byggnad före egen brandcell
Branddetektering/brandlarm:	U (Kommerciellt brandvarnare)	X (U) (Brand- utrymningslarm)	X (Brand- utrymningslarm)	X (Ska alltid ha åtminstone brandvarnare)	X (RISE)	X (AK1 ska ha kommerciellt brandvarnare)							X (större lager)	
Tryckavlastning	U	X	X	X (RISE)	X (RISE)	X (RISE)			X (RISE och enligt riskbedömning)					
Släckvattenhantering:	U	U	U	U (RISE)	U (RISE)	X (Ska finnas vid AK 2 och 3)			X (Ska alltid göras)				X	X
Filtride från det fria:	X (fördesläktigt)	X (fördesläktigt)	X (fördesläktigt)	X (RISE)	X (RISE)	X (RISE)	X		X (RISE)					
Explosionsförebyggande ventilation	U (Separat till det fria)	X (U) (Separat till det fria) (gnistsäker flukt)	X (Separat till det fria)	X (RISE)	X (RISE)	X (RISE)			X (RISE)	X	X			
Insatsplan/insatskort:		X	X	X (Ska alltid ha minst insatsavskiljning och kontaktskydd)	X (RISE)	X (RISE)			X (RISE)					
Fritt från brännbart material:	X (I batterier har direkt närhet)	X (Ingen annan utrustning än batteri i rummet)		X (RISE)	X (RISE)	X (RISE)			X (RISE)					
Skydd mot mekanisk påverkan:	X	X	X	X (RISE)	X (RISE)	X (RISE)			X (RISE)					
Likströmskablage synligt:										X (synligt utmärkt)				
Tornörsystem eller brandsläckningsutrustning om automatiskt släcksystem inte finns			X			X (Gäller både AK 2 och 3)			X (RISE)					
Verifierad systemdesign avseende termisk rusing/propagering	X (UL 9540A eller IEC 62619)	X (UL 9540A eller IEC 62619)	X (UL 9540A eller IEC 62619)	X (RISE)	X (RISE)	X (RISE)			X (RISE)					
Placering i markplan:		X (fördesläktigt)		X (RISE)	X (RISE)				X (RISE)					
Automatisk släcksystem						X (om grupper av batterier inte avskiljs fysiskt)							X (vid större lager)	
Placering avskild från sovande personer:	X	X	X							X				
Kameraövervakning:	X	X	X							X				
Placering avskild från utrymningsväg:											X	X	X	
Atkomst för släckinsats från dörröppning														
Handbrandsläckare för batteribrand:														
BMS för styrning/övervakning:														
Fönster med insyn mot batterier			X											
Gasdetektering/gaslarm:														
Intern avskiljning av celler/moduler/rackskåp:						X (Grupper av batterier avskiljs med fysiska barriärer eller aktiva släcksystem)								
Placering avskild från stadigvarande vistelse:			X											
Krisplan-/kontinuitetsplanering:														
Skalskydd:														
Finns i rekommendationerna:	X													
Finns ej i rekommendationerna:														
Utlöskad skyddsnivå:	U													

[illegible]

Förklaring till tabellen

I detta stycke förklaras de olika åtgärderna samt om eventuella åtgärder som har blivit sammanslagna.

De sammanslagna **åtgärderna** är relativt lika och har bedömts att syftet med skrivelserna är tillräckligt lika för att kunna slås ihop.

Brandtekniskt avskilt utrymme:

- Batterilagerssystemet bör placeras i ett brandtekniskt avskilt utrymme (RSYD, Storgöteborg, Räddningstjänsten Jämtland).
- Batterilager placeras i separat utrymme som är brandtekniskt avskilt i lägst klass EI60 (RSNV, Nerikes Brandkår).
- Om batterienergilagret ska placeras inom en byggnad ska det placeras i en egen brandcell. SSBF bedömer att batterilagersystem går att jämföra med exempelvis ett däcklager då det kan förekomma giftiga gaser och innehålla mycket energi på liten yta. Det byggnadstekniska brandskyddet bör därför projekteras därefter, exempelvis genom högre krav på brandcellsindelning, brandgasventilation eller bärverk. Det kan därför vara en fördel att sprida ut energin i flera brandceller och använda sig av mindre batterilager, exempelvis ett per trappuppgång istället för ett batterilager för ett helt område. (Storstockholms Brandförsvär).
- Utrymmet bör vara brandtekniskt avskilt i klass EI 60 (Brandkåren Norra Dalarna).
- Placeras i eget utrymme som är brandtekniskt avskilt i lägst klass EI60 (Räddningstjänsten Dala Mitt).
- Batterilager bör placeras i en egen brandcell (Mälardalens Räddningstjänst).
- Batterilagersystemet bör placeras i ett brandtekniskt avskilt utrymme (Bohus Räddningstjänstförbund, Räddningstjänsten Sydost, Sydöstra Skånes Räddningstjänstförbund).
- För batterilager på högst 25 kWh godtas placering i ett separat utrymme i en befintlig byggnad. Utrymmet ska uppfylla lägst brandklass EI 60, gäller från båda håll. Dörren ska placeras i yttervägg och uppfylla lägst brandklassning EI 60 (Brandskyddsföreningen, Elinstallationer i lantbruk och hästverksamhet).
- Om el från solcellsanläggning lagras i batterilager ska dessa förvaras i egen brandcell som uppfyller lägst brandklass EI 30 (Försäkringsbolag).
- Vid annan placering måste den egna säkerheten vid utrymning beaktas, samt risken för explosiva gaser. Det är en komplicerande faktor om ett litiumjon batterilager placeras svåråtkomligt för räddningstjänsten då en brand i dessa batterier kan vara svårsläckt och släckningsarbete med en större mängd vatten kan behövas där konsekvenserna kan bli en total vattenskada (Umeåregionens Brandförsvär).
- Batterienergilagret som placeras inom byggnad bör placeras i ett ändamålsenligt utrymme utformat som en egen brandcell. (RISE, AK2).
- Om batterienergilagret placeras inom byggnad så bör det vara en ändamålsenlig byggnad där personer inte förväntas vistas stadigvarande och där risker beaktats genom utförd riskanalys (RISE, AK3).
- Brandcellsindelning i EI60 mellan batteridelar och styrsystem inne i container (Försäkringsbolag).

- Vid placering i byggnad med verksamhet gäller följande: Batterikapaciteten bör ej överstiga 50 kWh. Batterierna ska förvaras i ett eget avskilt utrymme som står emot brand i minst 60 minuter (Försäkringsbolag).
- Batteri ska placeras i egen brandcell. Avsteg kan göras om en brand endast kan förväntas få begränsade konsekvenser för utrymningssäkerheten. Batteri placeras med fördel i avskild del av byggnaden, om möjligt i markplan och med yttervägg med dörr och/eller fönster direkt till det fria. Intilliggande lokaler bör eftersträvas vara rum med tillfällig vistelse (garage, teknikrum etc.). Om batterirummet har dörr mot en invändig utrymningsväg som används av fler utrymmen än batterirummet, ska dörren utföras som brandsluss. Avsteg kan göras om endast ett fåtal personer vistas vid enstaka tillfällen i det anslutande utrymmet till utrymningspassagen. (Svensk Solenergi Typ 2A).
- Om anläggningen är inomhus bör själva batterier samt transformatorer vara belägna i egna brandceller, lägst EI 30. Vissa försäkringsbolag har dock högre krav på EI 60 eller EI 120, särskilt vid större anläggningar över 600 kWh. Det rekommenderas att lättväggskonstruktioner undviks då dessa är mer sårbara jämfört med exempelvis betong. Det bör finnas manöverutrymme och skyddsavstånd mellan batterimodulerna. Avståndet mellan täta obrännbara containers bör vara minst 3 meter. Skåp i klass EI 60 kan placeras utan skyddsavstånd. Applikationskategori 3 bör vara skyddade mot omfattande brandspridning inom anläggningen. Avskiljning bör vara 8 meter alternativt EI60 mellan grupper av batterienheter, och även mellan transformator och nästliggande grupp. Oljefyllda transformatorer bör ha avskiljning eller strålningskydd mot skyddsvärda delar såsom intilliggande grupp av batterier eller andra transformatorer. (BIV).

Bedömt syfte: Batterilager bör placeras i brandtekniskt avskilt utrymme för att fördröja brand och giftiga gaser från att spridas fritt till andra delar av byggnaden.

Brandgasventilation

- För större batterilager rekommenderar BRAND att det finns möjlighet till brandgasventilation, detta för att förhindra spridning av giftiga gaser i övriga delar av byggnaden (Brandkåren Norra Dalarna).
- Batterilagersystemet bör placeras i ett brandtekniskt avskilt utrymme som är möjligt att ventileras (RSYD).
- Brandgasventilation ska övervägas vid större batterilager med hänsyn till risken för spridning av giftiga brandgaser i byggnaden (Räddningstjänsten Skåne Nordväst).
- Batterilagersystemet bör placeras i ett brandtekniskt avskilt utrymme som är möjligt att ventileras. Företrädesvis så bör ventilering kunna ske ut till det fria. Detta bör beaktas även vid placering i källare eller motsvarande (Storgöteborg).
- Batterilagersystemet bör placeras i ett brandtekniskt avskilt utrymme som är möjligt att ventileras (Räddningstjänsten Jämtland).
- Om batterienergilagret ska placeras inom en byggnad ska det placeras i en egen brandcell där det finns god tillgång på brandgasventilation (Storstockholms brandförsvär).
- Brandgasventilation ska övervägas vid större batterilager med hänsyn till risken för spridning av giftiga brandgaser i byggnaden (Nerikes Brandkår).
- Batterilager bör placeras i en egen brandcell som är möjlig att ventileras (Mälardalens Räddningstjänst).

- Batterilagerssystemet bör placeras i ett brandtekniskt avskilt utrymme som är möjligt att ventileras. Företrädesvis så bör ventilering kunna ske ut till det fria (Bohus Räddningstjänstförbund).
- Batterilager bör placeras i ett brandtekniskt avskilt utrymme som är möjligt att ventileras (Räddningstjänsten Nordost).
- Batterilagerssystemet bör placeras i ett brandtekniskt avskilt utrymme som är möjligt att ventileras (Sydöstra Skånes Räddningstjänstförbund).
- Vid placering av batterilager så anser räddningstjänsten att detta bäst hanteras av en byggnad som ej innefattas i bostadshuset utan är fristående, ventilerat i det fria (Umeåregionens Brandförsvär).
- Ventilationen är dessutom viktig för att kunna evakuera gaser vid fel i anläggningen (Brandskyddsföreningen, Elinstallationer i lantbruk och hästverksamhet).
- Utrymmen där batterienergilagrar finns installerade bör därför förses med möjlighet till brandgasventilation utformad att kunna aktiveras av räddningstjänsten från en säker plats (RISE, AK2 och AK3).
För att ytterligare minska risken för explosion i ventilationskanalen under termisk rusning av litiumjonbatterier kan ventilationen förses med gnistsäker fläkt. Tändkällor förväntas finnas kvar inom batterienergilagret, vilket resulterar i att en gnistsäkerfläkt inte helt kan eliminera explosionsrisken
- Förutsättningar bör finnas att ventileras utrymmet direkt till det fria. Utrymmet där batteri placeras bör ha dörr eller fönster till det fria (Svensk Solenergi, Typ 1).
- Förutsättningar bör finnas att ventileras utrymmet direkt till det fria. Utrymmet där batteriet placeras bör ha dörr eller fönster till det fria. Annars kan behovet tillgodoses med hjälp av annan brandgasventilation (ex. luckor). Mekanisk brandgasventilation som aktiveras automatiskt (kopplat mot brandlarm) bör eftersträvas. Även manuell aktivering från säker plats kan med fördel installeras (Svensk Solenergi, Typ 2A).
- *Separat brandgasventilation installeras och kan utgöras av lucka eller mekanisk ventilation. Styrning rekommenderas kunna ske från säker plats. (Utökat skyddsbehov) (Svensk Solenergi, Typ 2B).*
- Mekanisk brandgasventilation rekommenderas. Brandgasventilationen bör vara automatisk eller så ska möjlighet finnas att styra brandgasventilationen manuellt från en säker plats, för att minska riskerna för räddningstjänst vid insats (Svensk Solenergi, Typ 3).

Bedömt syfte: Det ska vara möjligt att ventileras lokalen vid en olycka. Det framgår att detta framförallt är till för att kunna ventileras bort giftiga gaser som bildas vid en batteribrand.

Risikanalyser/riskbedömning

- För större batterienergilagrar än 600 kWh rekommenderas att användare/leverantör säkerställer erforderligt brandskydd genom riskanalys, oavsett AK. Det rekommenderas att alltid utföra en riskanalys för att säkerställa en god skyddsnivå för batterienergilagrar under denna AK (3) (RISE, Samtliga AK).
- Vid större kapaciteter än 50 kWh rekommenderas att användare/leverantör säkerställer att erforderligt brandskydd uppnås genom en dokumenterad risk- och konsekvensanalys (Försäkringsbolag).
- Om batteriet placeras i en byggnad bör djupare riskanalys genomföras. Denna typ av riskanalys redogörs inte för i denna riktlinje.

Eftersom kapacitet och omfattningen för denna typ av batteri kan variera stort rekommenderas att en riskanalys alltid genomförs. Internationella regler och riktlinjer, exempelvis NFPA 855 och FM Global, kan användas som stöd. Följande frågeställningar är relevanta att beakta vid utförande av riskanalys:

- Finns skyddsvärda delar/verksamheter i närhet? Hur påverkas dessa avseende risk för brand/explosion i batteri?
- Finns risk för brandspridning mellan flertalet enheter (containrar)?
- Finns risk för påverkan på personal samt intilliggande lokaler vid explosion?
- Medger utförande möjlighet till säker räddningsinsats från räddningstjänst?
- Finns risk för negativ påverkan på kringliggande verksamheter, tredjeman samt naturområden från släckvatten och brandgaser?

Flera av ovanstående delar har ofta beaktats av leverantören vid framtagande av produkt. Dock bör en separat riskanalys genomföras för de lokala förhållandena.

Eventuella tillstånd från kommun (bygglov) eller länsstyrelse (samråd) kan medfölja krav på brandskydd som ska beaktas i riskbedömningen.

(Svensk Solenergi, Typ 3)

- Det bör alltid finnas en riskanalys som utgår från de lokala förutsättningarna för energilager inkluderat lokalisering och batteriernas utformning. BIV rekommenderar att riskanalysen bör omfatta och utgå från nedanstående skyddsnivåer för ett hållbart och brandsäkert utformande för energilager med batterier (BIV).
- Vid installation av ett batterilagersystem så bör en riskbedömning göras från fall till fall där behovet av brandtekniskt skydd utreds av sakkunnig (Bohus Räddningstjänstförbund).
- Vid projektering av ett batterilagringssystem bör en riskbedömning genomföras för att utreda riskerna samt om det finns särskilda behov av skyddsåtgärder. Behovet av tekniskt brandskydd bör även klargöras och beskrivas i skriftlig form, till exempel i en brandskyddsbeskrivning. (Räddningstjänsten Jämtland, Räddningstjänsten Sydost).
- Vid projektering av ett batterilagringssystem bör en riskbedömning genomföras för att utreda riskerna samt om det finns särskilda behov av skyddsåtgärder. Behovet av tekniskt brandskydd bör även klargöras och beskrivas i skriftlig form, till exempel i en brandskyddsbeskrivning. Brandcellernas klass bör ses över och vid stora batterier är krav enligt BBR inte alltid tillräckligt (Storstockholms Brandförsvär).
- De som ska utföra elinstallationer av batterilager måste sätta sig in i och ta hänsyn till de förhållanden som råder. En dokumenterad riskbedömning måste därför alltid genomföras innan arbetet påbörjas. Det är nödvändigt för att minska risken för skador och olyckor samt för att uppnå en god el- och driftsäkerhet (Brandskyddsföreningen, Elinstallationer i lantbruk och hästverksamhet).
- Enkel riskbedömning bör genomföras, utifrån rekommendationer i denna vägledning (Svensk Solenergi, Typ1).
- Enkel riskbedömning bör genomföras utifrån rekommendationer i denna vägledning. Möjlighet att placera batteri i fristående byggnad/utomhus (typ 2B) bör beaktas (Svensk Solenergi, Typ 2A).
- Enkel riskbedömning bör genomföras utifrån rekommendationer i denna vägledning. Skyddsvärdet i intilliggande lokaler ska beaktas (Svensk Solenergi, Typ 2B).
- Vid projektering av batterilager bör en riskbedömning göras för att säkerställa vilket behov av tekniskt brandskydd som krävs (Räddningstjänsten Mälardalen).

Skytning info/varning:

- Skyltar bör placeras på utsida av dörr som leder till batterienergilagret. Om batterienergilagret är placerat i en separat byggnad bör skylten placeras på ytterdörr så att den är tydligt synlig för räddningstjänsten. Om det finns mer än en dörr som leder till batterienergilagret och som räddningstjänsten kan tänkas nyttja vid insats bör skytning finnas på varje dörr som leder till utrymmet med batterienergilagrar (RISE, Samtliga AK).
- Refererar till RISE vägledning gällande placering av batterienergilagrar (RSYD, Räddningstjänsten Skåne Nordväst, Räddningstjänsten Storgöteborg, Storstockholms Brandförsvär)
- Skylt med information om att det finns batterilagersystem bör placeras vid ingång till utrymme där batterier är placerade (Räddningstjänsten Jämtland).
- Information om att det finns ett batterilager samt vilken typ av batterier bör finnas väl synligt vid ingång till batterilager samt vid entré eller centralapparat för brandlarm (Brandkåren Norra Dalarna).
- Skylten för batterilager skall fästas i anslutning till ingång där batterilager förvaras. Det skall tydligt framgå vilken typ av batterilager det avser (Umeåregionens Brandförsvär).
- Skytning ska finnas på lämplig plats vid ingång till batteriet. Anläggningen ska förses med varningsskylt om elektrisk fara (gul triangel med blix) och med tillägsskytning som informerar om risken för kvarvarande laddning samt typ av utrustning (Svensk Solenergi Typ 1).
- Skytning ska finnas på dörrar till batteri samt vid räddningstjänstens angreppsväg för att varna räddningstjänst/privatpersoner/personal (Svensk Solenergi, Typ 2A, Typ 2B).
- Byggnaden bör, i anslutning till entré, uppmärkas med skylt som ger tydlig information om att en solcellsanläggning finns. I anslutning till anläggningen bör följande information finnas: Placering och beskrivning av eventuellt batterilagringssystem (Räddningstjänsten Dala Mitt).
- Skylt med information om batterilager bör placeras vid ingång till utrymme där batterier är placerade samt vid centralapparat om automatiskt brandlarm är installerat (Mälardalens räddningstjänst).
- Skylt med information om att det finns batterilagersystem bör placeras vid ingång till utrymme där batterier är placerade. Ifall byggnaden är försedd med ett automatiskt brandlarm bör utmärkning även ske i anslutning till centralapparaten (Bohus Räddningstjänstförbund, Räddningstjänsten Sydost, Sydöstra Skåne Räddningstjänstförbund).

Bedömt syfte: Det ska vara tydligt för räddningstjänst att batterilager finns i byggnaden samt var det är placerat. Bidrar till tydlighet vid räddningstjänstens insats samt tydliggör potentiella riskkällor.

Säkerhetsbrytare för DC-kablage:

- Refererar till RISE vägledning gällande placering av batterienergilagrar (RSYD, Räddningstjänsten Skåne Nordväst, Räddningstjänsten Storgöteborg, Storstockholms Brandförsvär)
- Om likströmskablage finns i anslutning till batterienergilagret som inte stängs av vid skada eller spänningsbortfall behöver säkerhetsbrytare installeras på samma sätt som för solcellsanläggningen (se tidigare avsnitt). Detta för att inte riskera att kablage fortfarande är spänningssatt vid skada eller brand (Räddningstjänsten Jämtland).

- En säkerhetsbrytare kan med fördel installeras för att bryta strömmen mellan batteri och växelriktare, detta för att undvika strömförande kablage vid till exempel håltagning i innerväggar. Denna brytare ska vara av typ DC-brytare och ha lastfrånskiljande egenskaper (Brandkåren Norra Dalarna).
- Det kan finnas behov av en säkerhetsbrytare i närheten av batterienergilagret, detta för att göra kablage strömlöst mellan batteri och växelriktare. Kablaget kan skadas vid en eventuell räddningsinsats och innebär därmed en säkerhetsrisk för räddningstjänstens personal om det fortfarande är strömförande (Mälardalens räddningstjänst).
- Säkerhetsbrytare för likström bör placeras så nära batterilagerssystemet som möjligt i de fall då systemet inte är placerat i närheten av växelriktaren. På så vis blir strömförande likströmskablage så kort som möjligt. Indikering (ex. lampa eller voltmeter) bör finnas vid manöverdon för att indikera att strömmen är bruten (Bohus Räddningstjänstförbund).
- Vid fara måste det gå att bryta matningen till batterierna omedelbart med en lämpligt placerad och markerad elkopplare som kan manövreras enkelt och snabbt. Brytningen ska ske så nära batterierna som möjligt (Räddningstjänsten Sydost).
- Om likströmskablage finns i anslutning till batterienergilagret som inte stängs av vid skada eller spänningsbortfall behöver säkerhetsbrytare installeras på samma sätt som för solcellsanläggningen, se information om detta ovan. Åtgärden utförs för att inte riskera att kablarna fortfarande är strömförande vid skada eller brand (Sydöstra Skånes Räddningstjänstförbund).
- Vid fara måste matningen kunna brytas omedelbart med en lämpligt placerad och markerad elkopplare som kan manövreras enkelt och snabbt. Brytningen ska ske så nära batterierna som möjligt (Brandskyddsföreningen, Elinstallationer i lantbruk och hästverksamhet).
- En DC ledning skall kunna brytas av räddningstjänsten på plats och via indikering vid brytaren säkerhetsställa att det inte finns spänning i DC ledningen. Detta skall kunna säkerhetsställas över hela insatsen ("brandmannabrytare") (Umeåregionens Brandförsvär).
- Ett batterisystem är normalt försett med kontaktorer som bryter strömmen vid skada eller spänningsbortfall. För att ytterligare försäkra att likströmskablage från batteriet inte utgör en risk vid räddningsinsats bör växelriktaren placeras i anslutning till batterienergilagret, alternativt bör en säkerhetsbrytare för utgående kablage monteras. Alla delar som riskerar att vara spänningssatta även efter fränkoppling från elnätet bör vara tydligt uppmärkta för räddningstjänstens kännedom (RISE, Samtliga AK).

Bedömt syfte: Säkerhetsbrytare ska installeras så nära batteriet som möjligt. Detta för att göra kablage strömlöst mellan batteri och växelriktare. Kablaget kan skadas vid en eventuell räddningsinsats och innebär därmed en säkerhetsrisk för räddningstjänstens personal om det fortfarande är strömförande.

Placering utomhus/friliggande med skyddsavstånd

- SSBF bedömer att batterilager i första hand bör placeras utomhus, i en separat byggnad, i ett skåp eller container (Storstockholms brandförsvär).
- Refererar till RISE vägledning gällande placering utomhus/friliggande (Räddningstjänsten Syd, Räddningstjänsten Skåne Nordväst, Räddningstjänsten Storgöteborg, Storstockholms Brandförsvär)
- BRAND rekommenderar att större batterilager i första hand placeras i fristående byggnad. Placerar lagret invändigt i samma byggnad som andra verksamheter rekommenderar

BRAND följande säkerhetshöjande åtgärder (för egen brandcell) (Brandkåren Norra Dalarna).

- Eventuellt batterilager ska helst om möjligt placeras i fristående byggnad eller container (Dala Mitt).
- Nerikes Brandkår förordar därvid placering av större batterilager i fristående byggnad eller container (Nerikes Brandkår).
- Vid placering av större batterilager förordas fristående byggnad eller container som är placerade minst 6 meter från annan byggnad (Räddningstjänsten Sydost).
- Batterilager ska placeras i en obrännbar container, eller byggnad endast avsedd för batterilager och utförd i EI 60. Container respektive byggnad ska vara placerad minst 15 meter från annan byggnad. Placering av batterilager mer än 30 meter från annan byggnad kräver ingen brandsektionering (Brandskyddsföreningen, Elinstallationer i lantbruk och hästverksamhet)
- Batterilager bör placeras i en egen brandcell som är möjlig att ventileras, alternativt i fristående byggnad eller container (Mälardalens räddningstjänst).
- Vid placering av batterilager så anser räddningstjänsten att detta bäst hanteras av en byggnad som ej innefattas i bostadshuset utan är fristående, ventilerat i det fria (Umeåregionens Brandförsvär).
- Om el från solcellsanläggning lagras i batterilager ska dessa förvaras i egen brandcell... alternativt stålcontainer placerad minst 6 meter från byggnaden (Försäkringsbolag).
- Batterienergilagrar bör i första hand inte placeras i byggnad för sovande personer, utan hänvisas i stället till separat byggnad, såsom garage eller förråd (RISE, AK1).
- Avstånd till annan byggnad bör hanteras genom riskanalys där konsekvenser för närliggande byggnader vid en brand och explosion bör beaktas. Avstånd till annan byggnad bör som minst uppfylla motsvarande krav som för avstånd mellan byggnader (8 meter) enligt BBR 5:61.16 Tillfredställande skydd kan enligt BBR 5:61 även erhållas om brandspridning mellan byggnader begränsas med skydd som motsvarar det högsta kravet för brandceller eller brandväggar i respektive byggnad.
För batterienergilagrar är detta inte alltid lämpligt då hänsyn även bör tas till risken för explosion. Vid kortare avstånd än 8 meter bör en särskild bedömning göras där hänsyn tas till exempelvis närhet till fönster eller andra känsliga delar av byggnaderna (RISE, AK2 och AK3).
- Containrar innehållande BESS bör placeras utomhus med ett skyddsavstånd som förhindrar brandspridning mellan containrar, andra byggnader och annan kritisk utrustning. Mellan individuella containrar/ innehållandes BESS – minst 3 m. Mellan öppna moduler av typen mindre skåp - minst 4 m. Avstånd från BESS till fasad på byggnad eller annan kritisk utrustning – minst 10 m till obrännbara fasader och 15 meter till brännbara fasader. Alternativ till skyddsavstånd kan utgöras av betongfack i EI120. Betongfackens övre del ska sträcka sig minst 1 m ovan containerns högsta punkt (Försäkringsbolag).
- I första hand placeras batterierna utomhus i fristående container/skåp eller i separat byggnad endast avsedd för batterilager. Container/skåp ska vara utförd i obrännbart material avsedd för ändamålet. Vid placering i byggnad endast avsedd för batterilager, ska den vara brandtekniskt avskild från övriga byggnader. För att minska konsekvensen av ett eventuellt brandtillbud i batterienergilagret bör ventilationsintag, större fönsterpartier eller förekomst av brännbar fasad på närliggande byggnader beaktas. Avstånd till annan byggnad. Ett batterilager ska inte placeras närmare byggnader än 6 meter, men beroende på batteriets energimängd, verksamhetens art och byggnadernas förutsättningar kan större

avstånd vara motiverat. Avstånd till viktiga tekniska system, känslig verksamhet och utrymningsvägar ska beaktas. Avståndet mellan separata energilagringssystem ska beaktas. Då det finns flertalet containrar med batterier bör de placeras med ett skyddsavstånd om ca 2 meter eller enligt tillverkarens anvisning (Försäkringsbolag).

- Om tillverkarens anvisningar tillåter att energilagret används utomhus, med hänsyn exempelvis till tillåtna temperaturintervall, bör detta eftersträvas. Placering sker då lämpligen väderskyddat och i skydd från mekanisk åverkan (ex. påkörning). Placering i byggnad ska i första hand ske i fristående byggnad eller avskild del, exempelvis förråd eller garage (Svensk Solenergi, Typ 1).
- [Ute per definition] Placering bör inte ske i närhet till friskluftsintag (Svensk Solenergi, Typ 2B).
- Utformning i enlighet med BBR ska alltid följas. Det generella kravet för byggnader är 8 meter enligt BBR. Ett kortare avstånd kräver brandcellsgräns mot intilliggande byggnader alternativt att analytisk dimensionering genomförs (ex. strålningsberäkningar). Om det finns möjlighet till ventilation samt explosionsskydd i tak, kan man i många fall, genom analytisk dimensionering, visa att avstånd till intilliggande byggnader kan understiga 8 m. Det är inte helt tydligt om ett fristående batteri utgör en byggnad, enligt definition i Plan- och bygglagen. Det kan variera beroende på utformning och storlek på konstruktionen. Ett mindre rackskåp bör exempelvis inte beaktas som byggnad. Det kan dock vara lämpligt att beakta skyddsavstånd till kringliggande skyddsvärden oavsett om energilagret definitionsmässigt är att betrakta som "byggnad" eller inte. Säkerställ att omkringliggande vegetation (ex. större träd, skog) inte leder till ökad risk för brandspridning, har en negativ inverkan på batteri under drift eller inverkar på räddningstjänstens insatsmöjligheter. Ett avstånd på minst 8 m rekommenderas. (Svensk Solenergi, Typ 2B, Typ 3).
- *Som utgångspunkt rekommenderas 30 m till intilliggande skyddsvärd verksamhet (bostäder, industrilokal). Vid ett så pass omfattande skyddsavstånd bedöms riskerna för påverkan på intilliggande verksamheter låga. Därmed ökar möjligheterna till ett minskat skyddsbehov för andra parametrar (ex. avstånd mellan containrar). (Utökat skyddsbehov) (Svensk Solenergi, Typ 3).*
- Samtliga delar av BESS-anläggningen (batterier, styrsystem, växelriktare, transformator, osv.) bör i första hand vara placerade väderskyddade utomhus med skyddsavstånd till byggnader. De flesta försäkringsbolag kräver minst ett skyddsavstånd på 8 meter till byggnad. Längre avstånd är dock motiverat vid större anläggningar. Minst 16 meter, är lämpligt till brännbara byggnadsdelar, brännbara upplag eller kritiska funktioner, oberoende batteristorlek. Vid över 30 meters avstånd krävs normalt inga ytterligare åtgärder. Generellt kan skyddsavstånd och brandcellsindelning se väldigt olika ut beroende på förutsättningarna. (BIV).

Bedömt syfte: Batterilager bör i första hand bör placeras utomhus, i en separat byggnad, i ett skåp eller container.

Detta råd beror sannolikt på att organisationerna vill begränsa brandspridning och ödeläggelse vid explosion om något skulle hända.

Branddetektering/brandlarm

- Behovet av kompletterande brandtekniska installationer kan för större batterilager vara aktuellt om byggnaden i övrigt saknar dessa system. Samråd med Räddningstjänsten bör ske i dessa fall (Räddningstjänsten Sydost, Nerikes Brandkår).

- Automatiskt brandlarm enligt SBF 110 med vidarekoppling till räddningstjänsten. Övervakning av BESS via ett BMS med fellarm till jourperson. Förslagsvis utfört enligt UL9540 men bör minst omfatta: Temperaturer i batterimoduler, Spänning i batterier (Försäkringsbolag).
- Brandlarm kopplat till larmcentral bör finnas (Försäkringsbolag).
- Brandvarnare ska installeras i batteriutrymmet. Kommunikerande brandvarnare rekommenderas för att öka chanserna till tidig upptäckt (Svensk Solenergi, Typ 1).
- Brandvarnare installeras inom utrymme för batteri eller integrerat i energilagret. Koppling bör finnas mot optiskt och akustiskt larmdon placerat utanför rummet för att varna personer i omgivningande utrymmen. Om resterande delar av byggnad är utfört med brandlarm ska detta även omfatta energilagret (Svensk Solenergi, Typ 2A).
- Brandvarnare bör integreras i energilagret. Koppling bör finnas mot optiskt och akustiskt larmdon för att varna. *Brandlarm kopplat till SOS/räddningstjänst är fördelaktigt. (Utökad skyddsbehov)* (Svenska Solenergi, Typ 2B).
- Rökdetektorer ska sitta i respektive container. Koppling ska finnas till övervakningssystem som larmar personal. Koppling bör också finnas till optiskt och akustiskt larmdon (placerat på utsida av container/utrymme).
Ytterligare rekommendation för ett bättre skydd (utökad skyddsbehov):
 - Vätgasdetektor för att indikera explosionsrisk
 - Kameraövervakning
 - Automatisk larmöverföring till SOS/räddningstjänst
 - Möjlighet att utanför utrymmet avläsa värden från gasdetektering (Svensk Solenergi, Typ 3).
- Med kommunikerande brandvarnare ges förutsättningar att tidigt bli varse om en brand i annars svårupptäckta utrymmen (garage, förråd, etc.). Kommunikerande brandvarnare ger således bättre möjlighet för personer att utrymma och räddningstjänsten kan kontaktas i ett tidigt skede av branden. (RISE, AK1 Utökad).
- Med detektion och akustiskt larmdon i utrymmet för batterienergilagret samt omgivande utrymmen/korridorer ges förbättrade förutsättningar för att initiera utrymning samt för att kontakta räddningstjänst i ett tidigt skede av branden. Vidare kan larmet med fördel kopplas till lämplig funktion, så som driftcentral, för att driftsansvarig snabbt ska bli varse om en incident.
Med ett brand- och utrymningslarm ges förutsättningar för att initiera utrymning i ett tidigt skede av en brand. Om brandlarmet dessutom är vidarekopplat till SOS/räddningstjänst ges förbättrade förutsättningar för räddningstjänsten att begränsa branden till batterienergilagret eller hindra att en extern brand når batterienergilagret. Ett brandlarm kan även bidra till att räddningstjänsten lättare kan lokalisera branden via information i brandlarmscentralen eller brandförvarstablån. Om brandlarm finns i byggnaden kan även ett optiskt larmdon placeras utanför utrymmen med batterienergilagret som vid detektion i utrymmet varnar personer från att gå in. En brandlarmanläggning medför en betydande ökning i tillförlitligheten jämfört med andra typer av detekterande system. (RISE, AK2+AK2 utökad).
- Det rekommenderas att utrymmen för batterienergilagret inom denna AK förses med branddetektion och akustiskt larmdon. Det är fördelaktigt om detektionssystemet inkluderar en brandlarmanläggning som är vidarekopplad till SOS Alarm eller räddningstjänsten. Gasdetektion och videoövervakning inuti batterienergilagret med utvändigt avläsning har i

arbetet förts fram som en extra riskreducerande åtgärd för att möjliggöra, förenkla och reducera risker vid insats för räddningstjänst (RISE, AK3).

- BMS (battery management system) bör minst omfatta driftövervakning av temperatur och spänning. Övervakningen bör även vara med fellarm kopplat till jourhavande personal med inställetid på maximalt 30 minuter. Detektering för brand kopplat till BMS bör finnas. Direktkopplat brandlarm utformat enligt SBF 110 förordas. Om möjligt bör det även plockas ut lämpligt driftlarm till brandlarmscentral från driftsystemet för att få tidigare aktivering (BIV).

Bedömt syfte: Ger tidig indikation/dämpande effekt och bidrar till mindre konsekvenser vid olycka i batterienergilagret.

I flera råd och anvisningar ges detta råd för "större batterilager", det är dock ingen som förklarar vad ett större batterilager är. Det antas därför att det är upp till de individuella handläggarna att avgöra vad ett större batterilager innebär.

Tryckavlastning:

- Lösningar för tryckavlastning minskar risken för tryckuppbyggnad inom utrymmet och således även konsekvenserna av en eventuell explosion. Exempel på tryckavlastningar kan vara dörrar, fönster eller luckor mot det fria som öppnas respektive brister vid tryckökning eller som öppnas automatiskt genom detektion av brandfarliga gaser i utrymmet. Snöröjning bör beaktas vid utformningen av tryckavlastande konstruktioner (RISE, AK2).
- Byggnader och containers som nyttjas för batterienergilagring i AK3 kan förses med tryckavlastande konstruktion för att minska konsekvenser vid eventuell deflagration. Exempel på tryckavlastning kan vara luckor mot det fria som öppnas respektive brister vid tryckökning eller som öppnas automatiskt genom detektion av brandfarliga gaser i utrymmet. Vid deflagration kan utslående jet-flammar förväntas, vilket ger skäl för att dessa placeras i tak och inte riktas mot annan byggnad, gångväg etc. Tryckavlastande strukturer och dess funktion bör finnas beskrivna i insatskort för att räddningstjänst snabbt ska få kännedom om dessa (RISE, AK3).
- Tryckavlastning i tak (Försäkringsbolag).
- Explosionsrisken ska beaktas, system för tryckavlastning till det fria kan behövas (Försäkringsbolag).
- Fönster med insyn mot batteriet rekommenderas för att kunna bedöma risken för explosion, utan att öppna upp till det aktuella rummet (Svensk Solenergi, Typ 1).
- Fönster med insyn mot batteriet rekommenderas för att kunna bedöma risken för explosion, utan att öppna upp till det aktuella rummet. *För att bedöma risken för explosion kan kameraövervakning installeras (Utökat skyddsbehov) (Svensk Solenergi, Typ 2A).*
- *Skydd mot explosion installeras. Lucka ska helst placeras i tak (Utökat skyddsbehov) (Svensk Solenergi, Typ 2B).*
- Explosionskontroll bör installeras. Lucka placeras i tak eller vägg. Riktning mot eventuell skyddsvärd utrustning ska beaktas. Säkerställande av explosionsskyddets funktion är avgörande, därför kan snöröjning av taket och annat underhåll krävas (Svensk Solenergi, Typ 3).
- Tryckavlastning via sprängbleck eller motsvarande bör finnas och vara riktad bort från övrig anläggning. Tryckavlastning i yttervägg kan vara bra för att slippa problematik med snö och is (BIV).

Bedömt syfte: Batterienergilagrar kan förses med tryckavlastande konstruktion för att minska konsekvenser vid eventuell deflagration eller explosion.

Släckvattenhantering:

- Det behöver finnas möjlighet att ta hand om släckvatten och se till att det inte hamnar i exempelvis grundvattnet eller vattentäkter. Eventuella brunnar behöver förses med en avskiljande funktion för att kunna ta hand om kontaminerat vatten (Storgöteborg, Storstockholms Brandförsvär).
- Riskerna för och omhändertagande av förorenat släckvatten i samband med räddningsinsats bör hanteras på lämpligt sätt (Nerikes Brandkår, Mälardalens Räddningstjänst, Räddningstjänsten Sydost).
- Krisplan: Insatsplan för räddningstjänst – släckvattenhantering ska finnas (Försäkringsbolag).
- Risken att släckvattnet från batteribränder är kontaminerat behöver beaktas, en plan för släckvattenhantering bör finnas (Försäkringsbolag).
- Litiumjonbatterier i termisk rusning kan vara mycket svårsläckta och kräver generellt påföring av stora volymer vatten för att begränsa brandspridningen. Vid placering av batterienergilagrar bör därför släckvattenhantering beaktas för att förhindra att eventuellt släckvatten når grundvattnet eller annan känslig miljö (RISE, AK2).
- Vid projektering av batteri bör hantering av släckvatten beaktas. Invallning kan behövas för att säkerställa omhändertagande (Svensk Solenergi, Typ 2B).
- För hantering av släckvatten kan det förekomma lokala bestämmelser som ska följas. Invallningar kan anläggas för att samla upp släckvatten. Behov av invallning kan bero av täthet på container. Även för en relativt tät container (med tryckavlastning i tak) riskerar släckvatten att lämna containern. Behov av släckvattenhantering beror även på placering av batteriet. Ett större behov av släckning förväntas då batteri är placerat i stadsbebyggelse. Om batteriet är placerat långt från omkringliggande bebyggelse och annan skyddsvärd verksamhet är möjligheterna att låta en batteribrand brinna ut bättre, vilket minskar behovet av att omhänderta släckvatten. En bedömning av en anläggnings specifika behov av släckvattenhantering bör alltid genomföras (Svensk Solenergi, Typ 3).
- Följaktligen måste även hanteringen av kontaminerat släckvatten beaktas vid denna åtgärd (BIV).

Bedömt syfte: Riskerna för och omhändertagande av förorenat släckvatten i samband med räddningsinsats bör hanteras på lämpligt sätt

Tillträde till det fria:

- Placering i markplan är fördelaktigt för att underlätta räddningstjänstens insats och kan förenkla dimensioneringen av exempelvis brandgasventilation, då dörrar och fönster till det fria kan nyttjas (RISE, AK2).
- Refererar till RISE vägledning gällande placering av batterienergilagrar (RSYD, Räddningstjänsten Skåne Nordväst, Räddningstjänsten Storgöteborg, Storstockholms Brandförsvär)
- Utrymmet bör ha tillträde direkt från det fria (Räddningstjänsten Jämtland, Räddningstjänsten Sydost).
- Dörren ska placeras i yttervägg och uppfylla lägst brandklassning EI 60 (Brandskyddsföreningen, Elinstallationer i lantbruk och hästverksamhet).

- Detta utrymme bör ha tillträde direkt från det fria (Sydöstra Skånes Räddningstjänstförbund).
- Placering bör ske i markplan, minst en yttervägg ska finnas i utrymmet. Dörr bör enbart mynna mot det fria, öppningar (dörrar, fönster etc.) inåt byggnaden bör undvikas (Försäkringsbolag).
- Om hela, eller delar av, anläggningen ligger inomhus bör samtliga utrymmen ligga mot yttervägg och ha en dörr direkt till det fria för att underlätta räddningsinsats (BIV).
- Utrymmet rekommenderas vara i markplan och ha yttervägg med dörr och/eller fönster direkt till det fria (Svensk Solenergi, Typ 1).
- Batteri placeras med fördel i avskild del av byggnaden, om möjligt i markplan och med yttervägg med dörr och/eller fönster direkt till det fria (Svensk Solenergi Typ 2A).

Explosionsförebyggande ventilation

- Sbff rekommenderar därmed att förvaring av batterier sker i utrymmen som är välventilerade (Södertörns brandförvar).
- Batterilager bör placeras i ett ventilerat utrymme, helst direkt ut till det fria (Brandkåren Norra Dalarna).
- Ventilation direkt till det fria kan vid termisk rusning av enstaka battericeller minska risken för explosion genom att brännbara och explosiva gaser ventileras ut. Ventilationen bör inte vara gemensam med andra utrymmen eller byggnader, för att inte riskera spridning av toxiska- och brännbara gaser (RISE, AK1).
- Utrymmen för batterienergilagrar bör förses med separat ventilation som mynnar ut till det fria. Det är fördelaktigt att hålla ett undertryck i utrymmet för att förhindra att brännbara och toxiska gaser tränger ut genom dörrar och andra otätheter under en termisk rusning (RISE, AK2).
För att ytterligare minska risken för explosion i ventilationskanalen under termisk rusning av litiumjonbatterier kan ventilationen förses med gnistsäker fläkt. Tändkällor förväntas finnas kvar inom batterienergilagret, vilket resulterar i att en gnistsäkerfläkt inte helt kan eliminera explosionsrisken
- Det rekommenderas att utrymmen för batterienergilagrar utformas väl ventilerade för att undvika att brännbara gaser ackumuleras inom dess brännbarhetsområde och således minska risken för explosion (RISE, AK3).
- Utrymmet ska vara väl ventilerat efter systemets behov och ventilationen bör inte vara kopplad till övriga byggnadens ventilation (Försäkringsbolag).
- Ventilation separeras från övriga byggnadens ventilation. Därigenom kan ventilation fortgå även under termisk rusning och risken för spridning av gaser till intilliggande brandceller minskar. Ventilationen bör placeras högt upp i rummet. För information om minsta storlek på ventilation, se avsnitt II om Boverkets kommande föreskrift (Svensk Solenergi, Typ 2A).
- Anläggningarna ska alltid ha adekvat grundventilation för att klara drift. Om BESS är placerad inomhus bör det även finnas EX-klassad ventilation för att klara av att ventileras ut gaser vid propagering. Denna bör aktiveras av BMS (BIV).

Bedömt syfte: Lokalen ska vara kontinuerligt ventilerad för att motverka uppbyggnad av brännbara/giftiga gaser.

Insatsplan/insatskort:

- Insatskort med information om placering, storlek, nödstopp och brandtekniska installationer kan vara till stor hjälp för räddningstjänsten vid en insats. Insatskort kan placeras i anslutning till brandförsvarstablå om byggnaden är försedd med brandlarm alternativt i skåp låst med brandkårsnyckel som placeras i huvudentrén (RISE, AK2).
- Insatsplan alternativt insatskort med information om till exempel placering, storlek, cellkemi, nödstopp och brandtekniska installationer kan vara till stor hjälp för räddningstjänsten vid en insats (RISE, AK3).
- Refererar till RISE vägledning gällande placering av batterienergilagrar (RSYD, Räddningstjänsten Skåne Nordväst, Räddningstjänsten Storgöteborg, Storstockholms Brandförsvär)
- En insatsinstruktion bör tas fram som bland annat innehåller teknisk specifikation av anläggningen samt kontaktuppgifter till driftpersonal (RSYD).
- Insatsplaner för räddningstjänsten
 - Information om anläggningen
 - Strategi för kylning av en eller flera containrar
 - Släckvattenhantering
 - Plan för kontrollerade avbränningar (Försäkringsbolag)
- *Enklare insatskort tas fram och finns tillgänglig på strategiska platser (ex. brandförsvarstablå alt. angreppsväg). (Utökat skyddsbehov).*
Kortet ska minst innehålla:
 - Övergripande bild av anläggningens område.
 - Övergripande beskrivning av systemet, inklusive specifika risker vid insats
 - Kontaktuppgifter till anläggningsägare samt driftpersonal som har kunskap om anläggningen
 - Information om brytare/avstängning av systemet
 - Eventuella manuella styrningar (ventilation, torrör för vattensprinkler etc.)För framtagande av insatskort hänvisas till "Insatskort för batteri och solcellsanläggning," MSB, 2023 [9].
(Svensk Solenergi, Typ 2A, Typ 2B, Typ 3).
- BESS-anläggningen och samtliga tekniska åtgärder, såsom elkopplare för nödbrytning, ska vara lätt identifierbara exempelvis via skyltning eller insatsplan. Om det finns insatsplan för anläggningen ska information om BESS finnas med där (BIV).

Bedömt syfte: Bidrar till tydlighet vid räddningstjänstens insats samt tydliggör potentiella riskkällor.

Fritt från brännbart material:

- Batterienergilagret bör placeras på en ändamålsenlig plats fritt från löst brännbart material i dess direkta närhet. Brand i batterienergilagrets närhet skulle kunna initiera termisk rusning i litiumjonbatterier, vilket skulle ge ett betydande bidrag till brandens intensitet samt rökutveckling, vilket kan försvåra räddningstjänstens insats (RISE, AK1).
- I utrymmet bör inget annat än utrustning tillhörande batterienergilagret förvaras (RISE, AK2).
- Refererar till RISE vägledning gällande brännbart material (RSYD, RSNV, Räddningstjänsten Storgöteborg, Storstockholms Brandförsvär)

- Utrymmet för batterierna ska vara fritt från damm och brännbart material (Försäkringsbolag).
- Avstånd till brännbart material ska eftersträvas. Ett avstånd på 2 m rekommenderas. Obrännbart skivmaterial kan sättas upp mellan batteri och brännbara material för att begränsa risk för brandspridning om tillverkarnas anvisning för ventilation och luftflöde inte påverkas (Svensk Solenergi, Typ 1, Typ 2A).
- Batteri och tillhörande installationer placeras avskilt från brännbart material (minst 2 m). Vid kortare avstånd kan batteri avskiljas med obrännbart skivmaterial (Svensk Solenergi, Typ 2B).

Bedömt syfte: Batterienergilagrar bör placeras avskilt från brännbart material då det skulle ge ett betydande bidrag till brandens intensitet samt rökutveckling, vilket kan försvåra räddningstjänstens insats.

Skydd mot mekanisk påverkan:

- Vid val av placering bör risken för mekanisk påverkan beaktas, exempelvis påkörning i garage (RISE, AK1).
- Vid val av placering bör risken för mekanisk påverkan från exempelvis påkörning beaktas (RISE, AK2).
- Vid val av placering bör risken för mekanisk påverkan beaktas, från exempelvis påkörning eller nedfallande is från rotorblad på vindkraftverk (RISE, AK3).
- Refererar till RISE vägledning gällande skydd mot mekanisk påverkan (RSYD, Räddningstjänsten Skåne Nordväst, Räddningstjänsten Storgöteborg, Storstockholms Brandförsvär)
- Risken för påkörning behöver beaktas, om risk föreligger bör påkörningsskydd finnas. Risker från omgivande miljö behöver beaktas, så som nedfallande träd, is från vindkraftverk mm (Försäkringsbolag).
- Påkörningsrisken bör dock beaktas (Svensk Solenergi Typ 1).
- Energilagret placeras på plats där risk för skada (påkörning, sabotage, ...) är låg (Svensk Solenergi, Typ 2B).

Bedömt syfte: Batterienergilagrar bör ha påkörningsskydd och skydd för nedfallande delar då litiumjonbatterier kan vara känsliga för mekanisk påverkan.

Likströmskablage synligt:

- Det bör även gå att identifiera kablarna som går från batterienergilagret (Södertörns Brandförsvärsförbund).
- Frilagt likströmskablage bör förläggas synligt och tydligt utmärkt (Bohus Räddningstjänstförbund).
- Kablar får inte förläggas dolda (Brandskyddsföreningen, Elinstallationer i lantbruk och hästverksamhet).
- En likströmsledning (DC) skall inte vara dragen öppet inuti en byggnad utan att risken för strömgenomföring (> 50V under hela insatsen) finns i sådant fall skall följande säkerhetsåtgärder vara åtagna.
En DC ledning skall vara på behörigt avstånd med minst 1m från närmsta mänsklig punkt samt inkapslad i brandresistent F30 (brandresistent inkapsling enligt tillverkare i minst 30min).

Räddningstjänsten förordar att ingen DC ledning är dragen i en konstruktion (inbyggd i väggar eller tak) om det inte finns en tydlig dokumentation vart denna är placerad eller är möjlig att fränkoppla med en "brandmannabrytare".
(Umeåregionens Brandförsvär).

- Likströmskomponenter som inte kan fränkopplas bör vara tydligt uppmärskade med varselmärkning (Svensk Solenergi, Typ 1, Typ 2A, Typ 2B).
- Kablar bör inte förläggas infällda eller dolda, dels för att få överblick vid insats, dels för att lättare kunna upptäcka skador. BESS-anläggningen och samtliga tekniska åtgärder, såsom elkopplare för nödbrytning, ska vara lätt identifierbara exempelvis via skyltning eller insatsplan. (BIV).

Bedömt syfte: Det ska vara tydligt för räddningstjänsten vilka kablar som är likströmskablar samt att de inte får ligga fördolda.

Tomrörssystem eller brandslanganslutning

För AK2 och AK3: Om systemet är placerat så att det kan få konsekvenser och påverkan på närområdet vid en brand/termisk rusning bör systemet antingen vara försett med ett lokalt släcksystem eller placerat så att räddningstjänstens insats inte försvåras. Detta innebär att det ska vara möjligt att vattenbegjuta batterisystemet från det fria eller från säker plats (Storgöteborg).

- Det bör finnas ett släcksystem eller annat sätt att släcka branden utan att gå in i utrymmet (Storstockholms brandförsvär).
- Utrymmen med batterienergilagrar kan förses med möjlighet till vattenpåföring utan att öppna upp utrymmet. Detta kan exempelvis åstadkommas genom att batterienergilagret förses med en anslutning som passar till räddningstjänstens brandslang (RISE, AK3).
- Inkopplingsmöjlighet för räddningstjänsten för vattenpåföring inne i containern/på modulerna, via torr-rörsledning (Försäkringsbolag).
- *Installation av tomrörssystem kan tas i beaktning vid dimensionering. (Utökat skyddsbehov)* (Svensk Solenergi, Typ 2A, Typ 2B)
- Projektspecifik riskbedömning ska göras. Möjlighet att genomföra släckinsats utan att öppna container är önskvärt. Detta kan uppnås genom installation av tomrörssystem eller invändiga släcksystem, aerosoler. Torrör med utvändig påkopplingsmöjlighet för räddningstjänsten kan vara fördelaktigt. Det rekommenderas att påkoppling möjliggörs från säker plats och inte i direkt anslutning till byggnad/container. Aerosolsläcksystem kan effektivt begränsa extern flamspridning, men har liten eller ingen effekt på de exoterma reaktioner som sker inuti battericeller. Detta innebär att aktivering av ett aerosolsläcksystem vid detekterad batteribrand endast tjänar till att fördröja brandförloppet (Svensk Solenergi, Typ 3).
- En rekommendation är även att se över möjligheten att koppla på brandvatten direkt på enheterna, exempelvis via fasta rörsystem (BIV).

Bedömt syfte: Brandmän ska inte behöva gå in i byggnad/rum för att utföra släckinsats.

Det kan finnas flera anledningar till dessa krav. Antingen på grund av risker för egen personal, men också för att kunna effektivisera släckinsats. En av dessa är att vid vattenpåföring på batterierna, skulle vattnet kunna bli strömförande och på så sätt skada brandmän i dess direkta närhet.

Verifierad systemdesign avseende termisk rusning/propagering

- Övervakning av BESS via ett BMS med fellarm till jourperson. Förslagsvis utfört enligt UL9540 men bör minst omfatta: Temperaturer i batterimoduler, Spänning i batterier (Försäkringsbolag).
- Interna avstånd mellan celler/moduler/rack bör utformas så att termisk propagering minskas. Verifiering av systemdesign gentemot termisk rusning och brand kan testas enligt till exempel IEC 62619 eller UL 9540A (RISE Samtliga AK).

Placering i markplan:

- Placering i markplan är fördelaktigt för att underlätta räddningstjänstens insats och kan förenkla dimensioneringen av exempelvis brandgasventilation, då dörrar och fönster till det fria kan nyttjas (RISE, AK2).
- Refererar till RISE vägledning gällande placering av batterienergilagrar (RSYD, Räddningstjänsten Skåne Nordväst, Räddningstjänsten Storgöteborg, Storstockholms Brandförsvär)
- Placering bör ske i markplan, minst en yttervägg ska finnas i utrymmet. Dörr bör enbart mynna mot det fria, öppningar (dörrar, fönster etc.) inåt byggnaden bör undvikas (Försäkringsbolag).
- Utrymmet rekommenderas vara i markplan och ha yttervägg med dörr och/eller fönster direkt till det fria (Svensk Solenergi, Typ 1).
- Batteri placeras med fördel i avskild del av byggnaden, om möjligt i markplan och med yttervägg med dörr och/eller fönster direkt till det fria (Svensk Solenergi Typ 2A).

Bedömt syfte: Förenklar släckinsats samt möjliggör ventilation till det fria.

Syftet med detta råd är något diffust då ingen riktigt förklarar ges till varför detta är nödvändigt. Troligtvis är syftet att dels förenkla släckinsatsen och dels att det garanterar att ventilation kan göras direkt till det fria genom dörren.

Automatisk släcksystem:

- Behovet av kompletterande brandtekniska installationer kan för större batterilager vara aktuellt om byggnaden i övrigt saknar dessa system. Samråd med Räddningstjänsten bör ske i dessa fall (Räddningstjänsten Sydost, Nerikes Brandkår).
- Större system bör antingen vara försett med ett lokalt släcksystem eller placerat så att räddningstjänstens insats inte försvåras. Detta innebär att det ska vara möjligt att vattenbegjuta batterisystemet från det fria eller från säker plats (Storgöteborg).
- Automatiska släcksystem kan installeras för att hålla nere och dämpa eventuellt brandförlopp. (Försäkringsbolag)
- Om anläggningen är inomhus och tillfredställande brandsektionering inte kan uppnås rekommenderas släcksystem, där gassläcksystem förordas. Vattensprinkler bör ha en vattentäthet på minst på 12 mm/minut, men avstämning behövs alltid med sprinklerprojektörer (BIV).

Bedömt syfte: Ger tidig indikation/dämpande effekt och bidrar till mindre konsekvenser vid olycka i batterienergilagret.

I flera råd och anvisningar ges detta råd för "större batterilager", det är dock ingen som förklarar vad ett större batterilager är. Det antas därför att det är upp till de individuella handläggarna att avgöra vad ett större batterilager innebär.

Placering avskild från sovande personer:

- Utrymmen ämnade för batterienergilagrar bör därför placeras så att gaserna från litiumjonbatterier under termisk rusning inte påverkar byggnadens huvudsakliga utrymningsstrategi. En tumregel är att inte placera batterienergilagrar inom utrymningsväg eller i utrymmen som står i direkt förbindelse med utrymningsväg. Batterienergilagrar bör inte heller placeras i närhet till utrymmen för sovande personer (RISE, AK1 och AK2).
- Brandtekniskt avskilda från boenderum och utrymningsvägar (Södertörns Brandförsvär).
- Batteri ska inte placeras i rum där personer vistas långvarigt, exempelvis sovrum eller vardagsrum. Vid val av placering ska hänsyn tas till utrymningsvägar i händelse av brand (Svensk Solenergi, Typ 1).

Kameraövervakning

- *För att bedöma risken för explosion kan kameraövervakning installeras (Utökat skyddsbehov) (Svensk Solenergi, Typ 2A).*
- *Ytterligare rekommendation för ett bättre skydd (utökat skyddsbehov):*
 - *Kameraövervakning*
(Svensk Solenergi, Typ 3).
- Kameraövervakning rekommenderas för att snabbare detektion och gynnar även drift och räddningstjänstens insats (BIV).
- Videoövervakning inuti batterienergilagret med utvändigt avläsning har i arbetet förts fram som en extra riskreducerande åtgärd för att möjliggöra, förenkla och reducera risker vid insats för räddningstjänst (RISE, AK3).

Placering avskild från utrymningsväg:

- Brandtekniskt avskilda från boenderum och utrymningsvägar (Södertörns Brandförsvär).
- Utrymmen ämnade för batterienergilagrar bör därför placeras så att gaserna från litiumjonbatterier under termisk rusning inte påverkar byggnadens huvudsakliga utrymningsstrategi. En tumregel är att inte placera batterienergilagrar inom utrymningsväg eller i utrymmen som står i direkt förbindelse med utrymningsväg. Batterienergilagrar bör inte heller placeras i närhet till utrymmen för sovande personer (RISE, Samtliga AK)

Åtkomst för släckinsats från dörröppning

- Batteriernas placering bör vara sådan att släckinsats är möjligt från dörröppning eller motsvarande (Brandkåren Norra Dalarna).
- Samtliga **batterier** ska vara åtkomliga för släckinsats från utrymmets dörröppning eller motsvarande (Nerikes Brandkår, Räddningstjänsten Sydost)
- För att minska risker och effektivisera eventuell släckinsats bör batterierna vara lättåtkomliga direkt från dörröppning eller dylikt (Dala Mitt).

Bedömt syfte: Brandmän ska inte behöva gå in i byggnad/rum för att utföra släckinsats.

Det kan finnas flera anledningar till dessa krav. Antingen på grund av risker för egen personal, men också för att kunna effektivisera släckinsats. En av dessa är att vid vattenpåföring på

batterierna, skulle vattnet kunna bli strömförande och på så sätt skada brandmän i dess direkta närhet.

Handbrandsläckare för batteribrand:

- Brandsläckare godkända för bränder i batteri ska finnas i anslutning till batterirummet (Räddningstjänsten Sydost).
- Närhet till handbrandssläckare ger förutsättning att förhindra att en mindre brand sprids till batteri (Svensk Solenergi Typ 1, Typ 2A).

Känns som ett högt ställt krav för små batterilager då brandsläckare för litiumbränder är relativt dyra.

Bedömt syfte: För att tidigt kunna bekämpa brand i batterienergilagret innan räddningstjänst är på plats.

BMS för styrning/övervakning

- BMS (battery management system) bör minst omfatta driftövervakning av temperatur och spänning. Övervakningen bör även vara med fellarm kopplat till jourhavande personal med inställetid på maximalt 30 minuter. Detektering för brand kopplat till BMS bör finnas. Anläggningarna ska alltid ha adekvat grundventilation för att klara drift. Om BESS är placerad inomhus bör det även finnas EX-klassad ventilation för att klara av att ventileras ut gaser vid propagering. Denna bör aktiveras av BMS (BIV).
- Övervakning av BESS via ett BMS med fellarm till jourperson. Förslagsvis utfört enligt UL9540 men bör minst omfatta: Temperaturer i batterimoduler, Spänning i batterier (Försäkringsbolag).

Fönster med insyn mot batterier

- Fönster med insyn mot batteriet rekommenderas för att kunna bedöma risken för explosion, utan att öppna upp till det aktuella rummet (Svensk Solenergi, Typ 1, Typ 2A).

Gasdetektering/gasalarm

- *Ytterligare rekommendation för ett bättre skydd (utökat skyddsbehov):*
 - Vätgasdetektor för att indikera explosionsrisk
 - Kameraövervakning
 - Automatisk larmöverföring till SOS/räddningstjänst
 - Möjlighet att utanför utrymmet avläsa värden från gasdetektering (Svensk Solenergi, Typ 3).
- Gasdetektion och videoövervakning inuti batterienergilagret med utvändigt avläsning har i arbetet förts fram som en extra riskreducerande åtgärd för att möjliggöra, förenkla och reducera risker vid insats för räddningstjänst (RISE, AK3).

Bedömt syfte: Gasalarm bedöms bidra till snabbare detektion.

Intern avskiljning av celler/moduler/rackskåp

- Spridningen av brand mellan moduler och rackskåp kan begränsas genom att de skiljs av från varandra antingen med skyddsavstånd eller med obrännbart skivmaterial. Om

skivmaterial sätts upp ska det kontrolleras att tillverkarnas anvisning för ventilation och luftflöde inte påverkas (Svensk Solenergi, Typ 2A).

- Begränsa möjligheten för termisk rusning att sprida sig mellan grupper av batterier genom antingen fysiska barriärer eller genom aktiva släcksystem (Räddningstjänsten Storgöteborg).

Placering avskild från stadigvarande vistelse:

- Om batterienergilagrar placeras inom byggnad så bör det vara en ändamålsenlig byggnad där personer inte förväntas vistas stadigvarande och där risker beaktats genom utförd riskanalys (RISE, AK3)
- Intelligande lokaler bör eftersträvas vara rum med tillfällig vistelse (garage, teknikrum etc.). Om batterirummet har dörr mot en invändig utrymningsväg som används av fler utrymmen än batterirummet, ska dörren utföras som brandsluss. Avsteg kan göras om endast ett fåtal personer vistas vid enstaka tillfällen i det anslutande utrymmet till utrymningspassagen. (Svensk Solenergi Typ 2A).

Kris-/ Kontinuitetsplanering:

- Krisplanen bör innehålla följande delar:
 - Larmrutiner
 - Felindikationer
 - Brandlarm
 - Insatsplaner för räddningstjänsten
 - Information om anläggningen
 - Strategi för kylning av en eller flera containrar
 - Släckvattenhantering
 - Plan för kontrollerade avbränningar
 - Säkerhetsrutiner för entreprenörer och servicepersonal
 - Plan för löpande underhåll, elrevisioner, termografering etc

Kontinuitetsplan: Om systemet är kritiskt för annan part/verksamhet bör en kontinuitetsplan finnas. Planen bör innehålla följande.

- Instruktioner för bortforsling av skadad utrustning, inkl hela containrar.
- Hantering av batterier som inte involverats direkt i en brand.
- Sanering av rökskador.
- Elnätshantering om det sker en skada under full last.
- Sanering och eventuell ersättning av utrustning

(Försäkringsbolag)

Bedömt syfte: Krisplan ska finnas för att underlätta släckningsarbetet samt för att förebygga olyckor och skador.

Bedömt syfte: Kontinuitetsplan ska finnas för att anläggningen ska kunna komma igång så fort som möjligt efter en brand/olycka.

Skalskydd

- Förutom brandsäkerheten beaktar många försäkringsbolag att utrymmen eller områden med BESS ska vara skyddade mot stöld och skadegörelse. Beroende på placering kan även djurliv behöva beaktas. Inhägnad kan ibland vara lämplig. Ett bra skalskydd kan även bidra till att minska risken för anlagd brand av obehöriga. Minst skyddsklass 1 ska normalt gälla men det är viktigt att kontrollera med aktuellt försäkringsbolag vilken exakt skyddsklass som gäller. Kameraövervakning rekommenderas för att snabbare detektion och gynnar även drift och räddningstjänstens insats (BIV).

BILAGA B – KATEGORISERING AV ÅTGÄRDER

Information till räddningstjänsten	
Åtgärd	Förekomst
Skyltning info/varning	18
Insatsplan/insatskort	11
Insatshöjande åtgärder	
Åtgärd	Förekomst
Brandgasventilation	21
Säkerhetsbrytare för DC kablage	16
Branddetektering/brandlarm	15
Släckvattenutredning	12
Tillträde till det fria	12
Tomrörssystem eller brandslanganslutning	8
Likströmskablage synligt	8
Placering i markplan	7
Kameraövervakning	4
Åtkomst för släckinsats från dörröppning	4
Brandsläckare för batteribrand	3
Fönster med insyn mot batterier	2
Gasdetektering/gaslarm	2
Skydd mot brand- och brandgasspridning	
Åtgärd	Förekomst
Brandtekniskt avskilt utrymme	23
Placering utomhus/friliggande med skyddsavstånd	16
Fritt från brännbart material	10
Automatiskt släcksystem	5
Placering avskilt från sovande personer	5
Placering avskilt från utrymningsväg	4
Placering avskilt från stadigvarande vistelse	2
Skydd mot explosion	
Åtgärd	Förekomst
Tryckavlastning	13
Explosionsförebyggande ventilation	11
Beaktan vid projektering	
Åtgärd	Förekomst
Risikanalys/riskbedömning	18
Skydd mot uppkomst av brand	
Åtgärd	Förekomst
Skydd mot mekanisk påverkan	10
Verifierad systemdesign avseende termisk rusning/propagering	8
BMS för styrning/övervakning	2
Intern avskiljning av celler/moduler/rackskåp	2
Skalskydd	1
Kontinuitetsplanering för verksamhet	
Åtgärd	Förekomst
Krisplan-/kontinuitetsplanering	1