

NEK VL 21:2025

Gjenbruk av brukte elbilbatterier

Norsk elektroteknisk veileder

Engelsk utgave 

Norsk utgave 



NEK VL 21:2025

Norsk/Engelsk utgave

Norsk elektroteknisk veileder

Gjenbruk av brukte elbilbatterier

Norwegian electrotechnical guide

Repurposing of Used Electric Vehicle Batteries



© NEK har opphavsretten til denne publikasjon.

Ingen del av materialet må reproduseres på noen form for medium uten skriftlig avtale med NEK.

INNHold

Nasjonalt forord	4
Innledning	5
Viktige begrep	5
1 Omfang	7
2 Referanser	8
3 Termer, definisjoner og forkortelser.	9
3.1 Termer og definisjoner.	9
3.2 Forkortelser	11
4 Hensyn til forskriftskrav	12
5 Definisjon av planlagt ny tiltenkt bruk	13
6 Generelle sikkerhetshensyn ved demontering	13
7 Generelle betraktninger om aldring, SoH (batterihelse) og SoS (system av systemer)	14
8 Fare og risikoanalyse	15
9 Elektrisk sikkerhet	16
9.1 Kabling og isolasjon	16
9.2 Elektrisk sikkerhet med tanke på ulike demonteringsnivåer	16
9.2.1 Hensyn til Nivå 1 demontering:	16
9.2.2 Hensyn til Nivå 2 demontering:	17
9.2.3 Hensyn til Nivå 3 demontering:	17
10 Batterisikkerhet / brannvern	17
10.1 Sammenligner IEC 62619 og UN ECE R100	17
10.2 Kjente avvik fra IEC 62619 som må vurderes	17
11 Funksjonell sikkerhet	18
11.1 Godkjenning av eksisterende funksjonelle sikkerhetsanalyse	18
11.2 Gjeldende standarder for funksjonssikkerhet	19
11.3 Revurdering av funksjonssikkerhet for gjenbrukte batterier	20
11.4 Revurdering av funksjonssikkerhet for gjenbrukte batterier i henhold til en ny standard	20
11.5 Sikkerhetsintegritetsnivå – overførbarhet mellom standarder	20
11.6 Sikkerhetsytelsesnivå (f.eks. SIL, PL) i henhold til forskjellige standarder	21
12 EMC	22
Bibliografi	23
 Figur 1 – Figur 1: Guidens omfang basert på produktets livssyklus	8
Figur 2 – ASIL versus SIL	21
Figur 3 – Table 4 – Kopi av Table 4 fra IEC62061:2021+AMD1:2024	21

Nasjonalt forord

- 1) Norsk Elektroteknisk Komite (NEK) er det norske medlemmet i IEC (International Electrotechnical Commission) og CENELEC (European Committee for Electrotechnical Standardization). NEKs formål er å fremme internasjonalt, europeisk og nasjonalt samarbeid knyttet til standardisering. NEK publiserer standarder og andre teknisk relaterte dokumenter utviklet av NEK, IEC og/eller Cenelec, heretter kalt NEK-publikasjoner. Enhver person med interesse og kompetanse kan delta i utvikling av NEK-publikasjoner.
- 2) De formelle beslutningene i NEK som gjelder tekniske saker, er så langt det er praktisk mulig, basert på konsensus mellom interessentene organisert i NEKs tekniske komiteer.
- 3) Denne publikasjonen har krav, anbefalinger og/eller informasjon for nasjonalt bruk. Selv om det gjøres mye for å sikre at innholdet i NEK-publikasjoner er korrekt, kan NEK ikke holdes ansvarlig for måten de benyttes på, eventuelle feil, eller feiltolkninger gjort av brukeren.
- 4) For å bidra til internasjonal harmonisering brukes EN IEC-publikasjoner når dette er mulig. Eventuelle forskjeller mellom EN IEC-publikasjoner og NEK-publikasjoner som NEK er gjort kjent med, synliggjøres for brukeren.
- 5) NEK utfører ikke samsvarsvurderinger. Selvstendige sertifiseringsorganisasjoner utfører slike tjenester. NEK er ikke ansvarlig for tjenester utført av tredjepart, eksempelvis et sertifiseringsselskap.
- 6) Alle brukere bør forsikre seg om at de har anskaffet den korrekte versjonen av denne publikasjonen.
- 7) NEK eller dets ledere, ansatte, innleide, hjelpere, individuelle eksperter og medlemmer av standardiseringsgrupper, er ikke ansvarlig for personskade, materiellskade eller annen skade av noe slag, direkte eller indirekte, eller for kostnader (inkludert saksomkostninger) og utlegg relatert til, bruk av, eller referanse til, denne NEK-publikasjonen eller andre NEK-publikasjoner.
- 8) Merk at eventuelle normative referanser referert i denne publikasjonen er nødvendige for riktig forståelse av publikasjonen.
- 9) Merk muligheten for at elementer i denne NEK-publikasjonen kan være gjenstand for patentrettigheter. NEK skal ikke holdes ansvarlig for å identifisere patentrettigheter.

Dette dokumentet er fastsatt etter konsensus i en arbeidsgruppe organisert under komite NEK/NK 21/120 Sekundærbatterier og Energilagringssystemer, med høringsinnspill fra en begrenset høring hos NEK, Batteriforum Romerike, DSB og Miljødirektoratet.

Veilederen publiseres på norsk og engelsk.

Innledning

Dette dokumentet er utviklet for å gi veiledning om gjenbruk av elbilbatterier i andre applikasjoner og anvendelser enn til fremdrift av biler. Norge ligger fortsatt langt fremme i skiftet fra fossil til elektrisk fremdrift av biler, og i april 2025 er det registrert nærmere 870.000 elbiler i Norge. Det viser seg at elbilbatterienes levetid er lengre enn tidligere forventet, så tilgangen på brukte batterier har vært tilsvarende lavere enn først antatt. Nå i 2025 øker tilgangen, og det er avgjørende at behovet for trygg og forsvarlig håndtering av batteriene ivaretas gjennom regelverk og standarder.

I Norge gjennomføres EUs nye batteriforordning (EU) 2023/1542 gjennom ny batteriforskrift etter atforordningen innlemmes i EØS-avtalen, ifølge Miljødirektoratet forventes dette å skje i første halvår 2025. Miljødirektoratet har selv utviklet en veileder for håndtering av batteriene som det anbefales å sette seg inn i. Når det gjelder elsikkerheten i håndteringen av batteriene er både IEC og CENELEC godt i gang med utvikling av standarder som forventes harmonisert med den nye forordningen (EU) 2023/1542, men dette vil fortsatt ta tid.

Ved å kombinere tilgjengelige dokumenter og gjøre faglige vurderinger er det mulig å dokumentere den sikkerheten som europeiske og norske myndigheter krever. Nasjonale veiledere og spesifikasjoner kan med fordel brukes til dette formålet i mangel av og i påvente av nasjonale og/eller internasjonale standarder. Så snart det foreligger standarder på området vil disse ha presedens over veiledere.

Basert på henvendelser med krav og ønsker fra myndighetene og batterinæringen, ved DSB og Batteriforum Romerike, startet NEK i 2023 opp arbeidet med denne veilederen som forventes å være til stor hjelp for brukerne mens de venter på de internasjonale standardene. Veilederen beskriver hvordan man systematisk kan analysere, vurdere og teste brukte elbilbatterier forut for bruk i nye anvendelser.

Bruken av "må", "skal" og "bør" er forsøkt holdt på et slikt nivå at leseren skal forstå at hvis det skal kunne vises samsvar med denne veilederen, så er "må" og "skal"-krav nødvendige å innfri.

Det bemerkes at fasen med demontering av batteriene fra bilene og klassifisering for transport beskrives i en egen veileder som for tiden utvikles hos NEK.

Viktige begrep

Her følger noen av de mest sentrale begrepene som er avgjørende for riktig forståelse av innholdet.

Tabell 1

Normativ tekst	tekst som inneholder krav, anbefalinger og tillatelser.
Informativ tekst	tekst som understøtter forståelsen eller bruken av dokumentet, eller som gir kontekstuell informasjon om innholdet, bakgrunnen eller forholdet til andre dokumenter
MERKNAD (<i>NOTE</i>)	brukes for å gi tilleggsinformasjon som er ment å gjøre det enklere å forstå eller bruke teksten i dokumentet.
Nasjonal merknad(Tidligere veiledning)	benyttes for å gi relevant tilleggsinformasjon, f.eks. om norske forhold og gjeldende regelverk. Nasjonal merknad er utarbeidet av NEK.
Tillegg (<i>Annex</i>) – Normativt	inneholder ytterligere normativ tekst knyttet til en eller flere deler av dokumentet.
Tillegg (<i>Annex</i>) – Informativt	inneholder ytterligere informasjon for å støtte forståelsen eller bruken av dokumentet; kan inneholde valgfrie krav som ikke er nødvendige for å påberope samsvar med hele dokumentet.
Skal (<i>Shall</i>)	krav som ikke kan fravikes, hvis samsvar med dokumentet skal påberopes.
Bør(<i>Should</i>)	anbefalinger som angir et mulig valg eller metode, ansett som særlig egnet, uten nødvendigvis å nevne eller utelukke andre.
Kan (<i>May</i>)	uttrykk som angir tillatelse, valgfrihet eller anledning til å gjøre noe.
Kan (<i>Can</i>)	mulighet eller evne, som i henhold til kontekst, henholdsvis skal forstås som et forventet eller tenkelig utfall, eller som egnetheten eller kvaliteten som er nødvendig for å gjøre eller oppnå noe bestemt.
MERKNAD 1 CLC/ISO/IEC benytter seg av «may» og «can». Forskjellen i norsk oversettelse fremkommer av kontekst.	
MERKNAD 2 Begrepene er basert på CENELEC Internal Regulations 3 (IR3) som gjelder ved eventuell tvil eller tvetydighet.	

1 Omfang

Hensikten med dette dokumentet er å veilede produsenter og importører om hvordan de kan resirkulere batterier fra el-biler til stasjonære bruksområder, det vil si produksjon av et batteriprodukt med sin andre bruksperiode. Dette dokumentet vil ikke dekke applikasjonsspesifikke krav og sikkerhetshensyn for batterienergilagringssystemer under installasjonsfasen. Dette dekkes av applikasjonsspesifikk sikkerhetsstandard (for eksempel IEC/EN 62933-5 standardserien). Dette dokumentet er basert på standard VDE 0510-100:2023-04 Stasjonære batterienergilagringssystemer med litumbatterier.

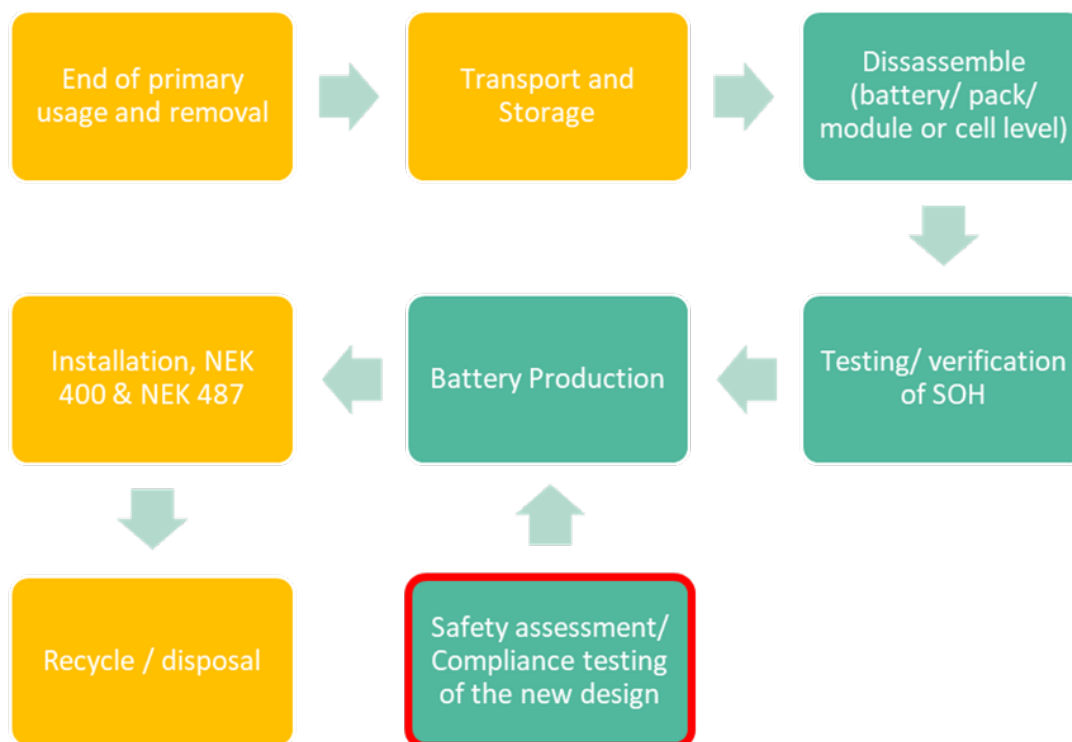
Denne veiledningen spesifiserer anbefalinger for grunnleggende sikkerhetskrav for stasjonær bruk av litium-ion-batterier (heretter kalt stasjonære batterier) som tidligere er godkjent som fremdriftsbatterier for kjøretøy (heretter kalt fremdriftsbatterier).

Disse fremdriftsbatteriene er godkjent for kjøretøy (heretter referert til som homologering) og skal brukes på nytt i stasjonære applikasjoner (enten i sin helhet eller etter delvis eller fullstendig demontering). De kan være brukte batterier så vel som nye batterier. I dette tilfellet skal lovbestemmelsene for batterier i stasjonær bruk følges.

Denne veiledningen gjelder for fremdriftsbatterier som består av flere battericeller, en eller flere sikkerhetsinnretninger, et batteristyringssystem (BMS), kapsling og eksterne grensesnitt. Dette inkluderer også fremdriftsbatterier hvor det er gjort modifikasjoner for stasjonær bruk som representerer avvik fra kjøretøyets homologeringsstatus.

Dokumentet dekker imidlertid ikke kravene til batterienergilagringssystemer (BESS) som bruker fremdriftsbatteriene beskrevet her. Disse kravene er definert i andre regler og forskrifter.

For spesielle bruksområder kan det være nødvendig å anvende ytterligere forskrifter og standarder.



Figur 1 — Figur 1: Guidens omfang basert på produktets livssyklus

Gule bokser angir deler av livssyklusen som ikke er dekket i denne veiledningen.

Grønne bokser indikerer deler som er delvis vurdert i denne veiledningen.

Grønn boks med rød kant er hovedfokus for denne veiledningen.

2 Referanser

Følgende refererte dokumenter inneholder tekst som helt eller delvis er en del av kravene i dokumentet. For daterte referanser gjelder kun den siterte utgaven. For udaterte referanser gjelder siste utgave av det siterte dokumentet (inkludert endringer).

CENELEC GUIDE 32, *Guidelines for Safety Related Risk Assessment and Risk Reduction for Low Voltage Equipment*

DIN VDE V 0510-100:2023-04, *Safety of lithium-ion batteries from electrically propelled road vehicles for use in stationary applications*

Directive 2008/98/EC, *of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives*

Directive 2014/35/EU, *of the European Parliament and of the Council of 26 February 2014 on the harmonisation of the laws of the Member States relating to the making available on the market of electrical equipment designed for use within certain voltage limits (recast)*

EN IEC 61000-6-1, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-1: Generic standards – Immunity standard for residential, commercial and light-industrial environments*

EN IEC 61000-6-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-2: Generic standards – Immunity standard for industrial environments*

EN IEC 61000-6-4, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-4: Generic standards – Emission standard for industrial environments*

EN ISO 13849-1, *Safety of machinery – Safety-related parts of control systems – Part 1: General principles for design*

EN 61000-6-3-100 (in preparation), *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-3: Generic standards – Emission standard for residential, commercial and light-industrial environments*

EN 61000-6-7, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-7: Generic standards - Immunity requirements for equipment intended to perform functions in a safety-related system (functional safety) in industrial locations.*

EN 60730-1, *Automatic electrical controls – Part 1: General requirements.*

EN 61508 (all parts), *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems*

EN 62061, *Safety of machinery – Functional safety of safety-related electrical, electronic and programmable electronic control systems*

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*

ISO/IEC Guide 51:2014, *Safety aspects — Guidelines for their inclusion in standards*

ISO 12100:2010, *Safety of machinery — General principles for design — Risk assessment and risk reduction*

ISO 26262 (all parts), *Road vehicles – Functional safety*

NEK EN 50110-1, *Sikkerhet ved arbeid i og drift av elektriske anlegg*

REGULATION (EU) 2023/1542, *of the European Parliament and of the Council of 12 July 2023 concerning batteries and waste batteries, amending Directive 2008/98/EC and Regulation (EU) 2019/1020 and repealing Directive 2006/66/EC*

2022/C 247/01, *The ‘Blue Guide’ on the implementation of EU product rules 2022*

UN ECE Regulation No. 100, *Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to specific requirements for the electric power train*

3 Termer, definisjoner og forkortelser.

3.1 Termer og definisjoner.

For formålet med dette dokumentet gjelder følgende termer og definisjoner:

IEC vedlikeholder terminologiske databaser for bruk i standardisering på følgende adresser:

IEC Electropedia: tilgjengelig på <http://www.electropedia.org/>

Definisjoner gitt i IEC 61508-4 gjelder.

Definisjoner gitt i CENELEC Guide 32 gjelder.

Definisjoner gitt i IEC 62619 gjelder.

3.1.1

gjenbruk

(repurposing)

enhver operasjon som resulterer i at et batteri, som ikke er et utbrukt batteri, eller deler av det, blir brukt til en annen applikasjon eller et annet formål enn det batteriet opprinnelig ble laget for

[KILDE: FORORDNING (EU) 2023/1542]

3.1.2

bruke om igjen

(re-use)

enhver operasjon der produkter eller komponenter som ikke er utbrukt, brukes igjen til samme formål som de var laget for.

[KILDE: Direktiv 2008/98/EU]

3.1.3

batterisystem

(battery system)

system som omfatter en eller flere celler, moduler eller batteripakker, og har et batteristyringssystem som er i stand til å kontrollere strøm i tilfelle overlading, overstrøm, overutlading og overoppheting.

[KILDE: IEC 62619:2022]

3.1.4

batteri for elektriske kjøretøy

(electric vehicle battery)

et batteri som er spesielt utformet for å gi elektrisk kraft for fremdrift i hybrid- eller elektriske kjøretøy i kategori L som foreskrevet i forordning (EU) nr. 168/2013, som veier mer enn 25 kg, eller et batteri som er spesielt utformet for å gi elektrisk kraft for fremdrift i hybrid- eller elektriske kjøretøy i kategoriene M, N eller O, som fastsatt i forordning (EU) 2018/858;

[KILDE: FORORDNING (EU) 2023/1542]

3.1.5

batteristyringssystem (BMS)

(battery management system (BMS))

elektronisk krets som hindrer overlading, dyp utlading, forhøyede temperaturer osv. som kan føre til farlige situasjoner. BMS kan bestå av kun maskinvare eller av en kombinasjon av maskinvare og programvare. Der programvare brukes til sikkerhetsrelatert overvåking, skal den utformes deretter.

3.1.6

batteri energilagringssystem (BESS)

(battery energy storage system (BESS))

et industribatteri med intern lagring som er spesielt utformet for å lagre elektrisk energi fra og levere til nettet eller lagre for og levere elektrisk energi til sluttbrukere, uavhengig av hvor og av hvem batteriet brukes.

Begrepsmerknad 1: Generelt hører også sikkerhetsfunksjoner og kapsling til BESS.

Begrepsmerknad 2: Strømkonverteringssystemet som kan være en AC til DC-omformer eller en DC til DC-omformer for lading eller utlading av batteriet tilhører også BESS.

[KILDE: FORORDNING (EU) 2023/1542]

3.1.7**litium-ion batteri**

(lithium-ion battery)

sekundærbatteri med en organisk løsningsmiddelelektrolytt, og positive og negative elektroder som bruker en interkaleringsforbindelse der litium er lagret.

Begrepsmerknad 1: Et litium-ion-batteri inneholder ikke litiummetall.

[KILDE: IEC Electropedia]

3.1.8**fare**

(hazard)

potensiell kilde til skade.

Begrepsmerknad 1: Begrepet fare kan kvalifiseres for å definere opprinnelsen eller arten av den forventede skaden (f.eks. fare for elektrisk støt, støtfare, kuttfare, giftfare, brannfare og drukningsfare).

[KILDE: ISO/IEC-veiledning 51:2014]

3.1.9**skade**

(harm)

Personskade, helseskade eller skade på eiendom eller miljø.

[KILDE: ISO/IEC-veiledning 51:2014]

3.1.10**sikkerhet**

(safety)

frihet fra risiko som ikke er tolerabel.

[KILDE: ISO/IEC-veiledning 51:2014]

3.1.11**sikkerhetsnivå**

(safety level)

sikkerhetsnivået er representativt for de forskjellige sikkerhetsintegritetsnivåene (f.eks. SIL, ASIL, PL) til de forskjellige funksjonelle sikkerhetsstandardene.

3.1.12**importør**

(importer)

enhver fysisk eller juridisk person etablert i Unionen som markedsfører et batteri fra et tredjeland;

3.1.13**produsent**

(manufacturer)

enhver fysisk eller juridisk person som produserer et batteri, eller får et batteri konstruert eller produsert, og markedsfører dette batteriet under eget navn eller varemerke, eller tar det i bruk for egne formål.

3.2 Forkortelser

For formålet med dette dokumentet gjelder følgende forkortelser.

Forkortelsesbegrep	Beskrivelse
ASIL	integritetsnivå for bilsikkerhet (automotive safety integrity level)
BESS	lagringssystemer for batterienergi (battery energy storage systems)
BMS	batteristyringssystem (battery management system)
EMC	elektromagnetisk kompatibilitet (electromagnetic compatibility)
EUC	utstyr under kontroll (equipment under control)
HW	maskinvare (hardware)
PL	ytelsesnivå (performance level)
SIL	sikkerhetsintegritetsnivå (safety integrity level)
SW	mykvare (software)
FEL	forskrift om elektriske lavspenningsanlegg (regulations on low-voltage electrical installations)
FEU	forskrift om elektrisk utstyr (electrical equipment regulations)
FSE	forskrift om sikkerhet ved arbeid i og drift av elektriske anlegg (regulations on safety when working in and operating electrical installations)
MTTF	gjennomsnittlig driftstid til feil (mean time to failure)
FMEA	feilmoduser og effektanalyse (failure mode and effect analysis)

4 Hensyn til forskriftskrav

Bilprodusenten bærer produsentens forpliktelser for batteriene i kjøretøyapplikasjonen.

Å gjøre et fremdriftsbatteri tilgjengelig på markedet for stasjonær bruk (da kalt et stasjonært batteri) representerer en "fornyet" markedsføring. I Norge (så vel som i EU) tilsvarer dette markedsføring for første gang, derfor skal relevant norsk lov (samt EU-direktiver, EU-forskrifter og gjeldende

lovbestemmelser) følges. Overholdelse av disse forskriftene skal bekreftes av produsenten (av det stasjonære batteriet) som en del av samsvarserklæringen.

Det er avgjørende å forstå at standarder som brukes for evaluering av batteri/batterisystem i den opprinnelige applikasjonen kan være annerledes enn de som kreves i ny applikasjon. En ekstra viktig faktor er tiden som har gått siden den opprinnelige evalueringen. Standarder har en gyldighetsdato, og selv om den riktige standarden ble brukt tidligere, kan den ikke være gyldig lenger, på grunn av revisjoner som skjer over år.

Gjenbruk kan kreve ytterligere avgrensninger på grunn av mangel på bevis på at gamle batterier er i samsvar med gyldige harmoniserte standarder.

MERKNAD EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS FORORDNING (EU) 2023/1542 av 12. juli 2023 om batterier og kasserte batterier, som endrer direktiv 2008/98/EC og forordning (EU) 2019/1020 og opphever direktiv 2006/66/EC, er implementert i norsk rett som Forskrift om batterier og kasserte batterier.

5 Definisjon av planlagt ny tiltenkt bruk

Den nye tiltenkte bruken skal defineres, og forskjellene mellom den opprinnelige og nye bruken skal dokumenteres (dersom det er relevant).

6 Generelle sikkerhetshensyn ved demontering

Alt arbeid på strømførende batterisystemer skal utføres i henhold til gjeldende nasjonal lovgivning (som FEL eller FEU og FSE i Norge) og sikkerhetsstandarder i henhold til NEK EN 50110-1. Det er verdt å understreke overholdelse av krav til opplæring og kvalifisering av personell, samt bruk av passende PPE-utstyr når du utfører slikt arbeid.

Batterisystemer som er demontert for integrert eller delvis gjenbruk og/eller resirkulering, må gjennomgå en sikkerhetsvurdering i henhold til EU-direktiver og nasjonal lov for å forhindre ulykker og potensielle materielle skader og personskader. Gjennom levetiden kan brukte batterier utvikle skjulte feil og defekter som gjør dem farligere i forhold til nyproduserte.

En foreslått sikkerhetsvurdering for innkommende batterisystem består av en grundig visuell inspeksjon, etterfulgt av en sekvens med temperaturmåling og elektriske tester. I tillegg kan utlading av batteriet ned til et lavere energinivå før demontering redusere konsekvensene av et eventuelt uhell.

Før demontering skal batterihuset inspiseres visuelt for fysisk integritet med spesiell interesse for:

- 1) Indikasjon på fysiske skader som bulker og/eller riper,
- 2) Den generelle tilstanden til høyspenningstilkoblingsklemmer – om de er korroderte, bøyd eller skadet,
- 3) Indikasjoner på brente eller overopphetede felter på overflatene,
- 4) Indikasjon på væskepassasje gjennom batterihusets forseglede åpninger som koblinger og/eller flenser, og
- 5) Hull eller gjennomrustede steder der vann eller andre væsker kan ha trengt inn i batterihuset.

Overvåking av batteriets temperatur gir mulighet for tidlig oppdagelse av uventet varmeutvikling, noe som for eksempel kan indikere en termisk propagering under utvikling i et defekt batteri. Som en del av denne innledende sikkerhetsvurderingen, anbefales det å måle batteriets overflatetemperatur ved hjelp av en termisk bildebehandlingsenhet, slik at eventuelle lokale varmeklynger kan identifiseres.

Hvis aktuelt, skal batterisystemets BMS leses for eventuelle lagrede feilkoder, som:

- a) Isolasjonsfeil,
- b) Ubalanse i celledspenning,
- c) Temperaturavlesninger for celle og/eller modul.

Disse kan også indikere et defekt batteri med potensielt høyere ulykkesrisiko ved mekanisk og/eller elektrisk stress.

Om det ikke er BMS eller den ikke kan leses, kan isolasjonstester fortsatt utføres før demontering av batterisystemet. Se systemdokumentasjonen for minimale isolasjonsverdier.

7 Generelle betraktninger om aldring, SoH (batterihelse) og SoS (system av systemer)

Aldring, også kalt degradering, av battericeller bestemmes vanligvis ved å måle faktisk kapasitet og sammenligne med nominell kapasitet. Kapasitetstapet, i prosent, kan utledes fra forholdet mellom faktisk og nominell kapasitet. State-of-health (SoH) er begrepet som ofte brukes for å beskrive dette kapasitetstapet. Som et eksempel, hvis kapasitetstapet er 15 %, sies SoH å være 85 %.

Bestemmelse av kapasitetstap er hierarkisk, noe som betyr at det kan presenteres på pakke-, modul- og cellenivå. Men hvis batterier eksplisitt skal bestemmes, bør målinger utføres på DC-siden av omformerer for å speile kun elektrokjemiske aldringsmekanismer og ikke rene elektriske mekanismer i omformerer. Kapasitetstap bør bestemmes ved å måle amperetimer (Ah) og å bruke samme driftssyklus, vanligvis forhold som C/20 og 25°C, mer detaljerte beskrivelser finnes i DIN DKE SPEC 99100:2025.

Selv om kapasitetstap blir sett på som den primære degraderingsindikatoren, spesifiserer den kommende batteriforskriften fra EU-kommisjonen [European Commission, Joint Research Centre, Szczuka, C., Sletbjerg, P. and Bruchhausen, M., Performance and Durability Requirements in the Batteries Regulation - Part 1: General assessment and data basis, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2024, <https://data.europa.eu/doi/10.2760/289331>, JRC136381] at tre ekstra nøkkelindikatorer for ytelse (key performance indicators) (KPI) bør bestemmes: effekttoleranse, motstand og effektivitet. Som tidligere beskrevet for kapasitetstapet, bør disse tre tilleggsindikatorer presenteres som en relativ endring fra nominell tilstand. Mens kapasitet, effekttoleranse og effektivitet avtar med tiden, vil motstanden øke. Metodene for å bestemme disse KPIene er ikke bestemt på tidspunktet for skriving av denne veiledningen, men for å presentere den relative endringen nøyaktig, bør den samme metoden brukes. Ytterligere retningslinjer kan hentes fra DIN DKE SPEC 99100.

Den generelle konsensus i batterisamfunnet er at de fire (KPIs) nøkkelindikatorer for ytelse som er forklart her, alle anses å beskrive SoH til et batteri. Dette er imidlertid en forenkling, og sammenhengen mellom redusert SOH og økt sikkerhetsrisiko er vanskelig å bevise. Det vi ser etter er mer en tilstand av sikkerhet (state of safety) (SOS), som er et annet begrep som brukes for å skille mellom ytelse og sikkerhet for batterier. Det er forslag om å inkludere logging av negative hendelser, som er dynamiske data for hendelser som dette:

- tiden utenfor temperaturgrensene
- antall dyputladinger
- antall overladinger

På grunn av utviklingen i diagnostikk innen batteriytelse og sikkerhet, vil veiledninger som dette måtte revideres på et eller annet tidspunkt. (regelmessig)

MERKNAD Med referanse til ANNEX IV ELECTROCHEMICAL PERFORMANCE AND DURABILITY REQUIREMENTS FOR LMT BATTERIES, INDUSTRIAL BATTERIES WITH A CAPACITY GREATER THAN 2 KWH AND ELECTRIC VEHICLE BATTERIES of REGULATION (EU) 2023/1542.

8 Fare og risikoanalyse

Risikoen knyttet til den gjenbrukte batteripakken og batterisystemet (som skal brukes i stasjonær BESS (lagringssystemer for batterienergi)) skal vurderes og forstås av produsenten, økonomisk operatør som definert i forordning (EU) 2023/1542 og sluttbrukerne. Fareidentifikasjon, risikoanalyse og risikovurdering av batterisystemene i henhold til lavspenningsdirektivet, ved bruk av passende standarder og retningslinjer som CENELEC Guide 32 og Maskindirektivet skal utføres. Et eksempel på en passende risikovurderingsstandard er ISO 12100, som er harmonisert med maskindirektivet. EU-direktiv og nasjonal lov gjelder for dokumentasjonskrav.

Hvis eksisterende sikkerhetsrelaterte tiltak innenfor grensen til batteripakkene/systemene allerede er implementert innenfor rammen av kjøretøyhomologering (UN R100), og dersom kjøretøyhomologeringsdokumenter for batteripakker/systemer er tilgjengelig, er det fortsatt påkrevd å demonstrere og dokumentere at:

- De eksisterende sikkerhetsrelaterte tiltakene implementert innenfor rammen av kjøretøyhomologering oppfyller eller overgår den nødvendige risikoreduksjonen for den tiltenkte bruken som definert i avsnitt 5 (informativ referanse kan være risikoanalyse av BESS, se avsnitt 15 i UL 9540), og
 - De sikkerhetsrelaterte tiltakene som er implementert innenfor rammen av kjøretøyhomologering, krever ikke eksterne elementer for å oppnå beskyttelsesmålet, fordi alle sikkerhetsrelaterte tiltak implementert i de gamle batteripakkene/systemene opprettholdes etter gjenbruk, eller
 - Ytterligere sikkerhetstiltak implementert eller påkrevd eksternt i forhold til batteripakke/system som er nødvendig for å oppnå en akseptabel restrisiko, er dokumentert og effektiviteten av allerede iverksatte tiltak er verifisert. Det bør med andre ord sikres at nye sikkerhetsrelaterte komponenter har samme eller høyere sikkerhetsnivå enn sikkerhetsrelaterte komponenter som er skiftet ut.

Nye risikovurderinger skal utføres av hensyn til de nye applikasjonene til den gjenbrukte batteripakken/systemet. For eksempel kan metoder som FMEA og feiltreanalyse brukes for å identifisere relevante feilmoduser og hendelsesscenarier i batterimoduler og -systemer.

Spesielt skal ulykkesscenarier knyttet til utslipp av giftige gasser, termisk propagering, brann- og eksplosjonsfare vurderes og dokumenteres. Egnede risikovurderingsmetoder finnes i CENELEC GUIDE 32 og ISO 12100 (se også IEC 61508, VDE-AR-E 2510-50 og UL 9540). En metode i henhold til gjeldende direktiv, forskrift eller harmoniserte standarder skal benyttes. De gjenværende risikoene etter risikovurderingen og evalueringen skal dokumenteres for operatør og sluttbruker. I tillegg bør passende informasjon gis om hvordan man kontrollerer de gjenværende risikoene (se IEC 61508-2 Tillegg D for flere detaljer).

Det skal gjennomføres en fare- og risikoanalyse for den planlagte tiltenkte bruken av det stasjonære batteriet. Den skal inkludere alle livsfaser og aldringseffekter, som adressert i IEC 62619. I henhold til IEC 62619:2022 Sikkerheten til oppladbare litiumrceller og batterisystemer krever vurdering av to sett med anvendte forhold:

- 1) tiltenkt bruk,
- 2) rimelig forutsigbart misbruk.

Celler og batterisystemer skal utformes og konstrueres slik at de er trygge under forhold med tiltenkt bruk og rimelig forutsigbart feilbruk. Det kan også forventes at celler og batterisystemer som utsettes for tiltenkt bruk ikke bare skal være trygge, men fortsatt skal være funksjonelle i alle henseender. Det forventes at celler eller batterisystemer som utsettes for feilbruk kan slutte å fungere. Men selv om en slik situasjon oppstår, skal de ikke utgjøre noen betydelige farer.

Basert på systemforholdene og risikovurderingen skal produsenten definere et sikkerhetsintegritetsnivå for de sikkerhetskritiske komponentene (HW/SW) og BESS-delene. Egnede metoder for å bestemme SIL-nivåer (sikkerhetsintegritetsnivåer) finnes i IEC 61508-5. Konstruksjonskravene som følger av tiltenkt nivå skal oppfylles. I tillegg til den rene dokumentasjonskontrollen skal risikoreduserende tiltak verifiseres.

For evaluering gjort på modul-, pakke- eller stativnivå kan ikke alle risikoene fra den endelige applikasjonen adresseres og tas i betraktning. Økonomiske operatører (som definert i forordning (EU) 2023/1542) skal gjøres oppmerksom på begrensningene ved evalueringen og vurdere den i evalueringen av BESS til systemsikkerhetsstandarder (for eksempel IEC 62933-5-2)

9 Elektrisk sikkerhet

For å sikre at batteriet er i samsvar med EUs lavspenningsdirektiv (2014/35/EU), skal verifisering av den elektriske sikkerheten til det elektriske utstyret gis ved at en samsvarserklæring signeres. Det skal sikres beskyttelse mot farer som kan forårsakes av det elektriske utstyret ved direkte eller indirekte kontakt. For dette formålet skal den opprinnelige produsenten av batteriet gi de økonomiske operatørene (som definert i forordning (EU) 2023/1542), eller den nye distributøren av batteriet de relevante dataene for lavspenningsutstyr med tanke på elektrisk sikkerhet.

Det anbefales å bruke en av de oppførte harmoniserte standardene (f.eks. EN 61010-1, EN 62109-1, EN 62368-1, EN 62477-1 etter behov) eller NEK 400 for den elektriske sikkerheten til batteriet.

9.1 Kabling og isolasjon

Ledningsføring og isolasjon i batterisystemet må være tilstrekkelig for å tåle de maksimalt forventede kravene til spenning, strøm, temperatur, høyde og fuktighet. Batterisystemet kan kun brukes i et BESS dersom de maksimale grensene overholdes. Batterisystemet kan beskyttes mot for eksempel impulsspenning ved hjelp av komponenter på BESS-nivå, som overspenningsvern og isolasjon fra vekselstrømssiden. Dette innebærer at selve batterisystemet ikke trenger å være dimensjonert for å tåle impulsspenninger fra nettsiden.

9.2 Elektrisk sikkerhet med tanke på ulike demonteringsnivåer

Sikkerhetsvurderingen av batteriet bygget av brukte komponenter avhenger sterkt av demonteringsnivået til primærsystemet, og det kan kreve en annen tilnærming. De tre nivåene av demontering kan kategoriseres som:

Nivå 1 - demontering til cellenivå

Nivå 2 - demontering til modulnivå

Nivå 3 - gjenbruk av hele systemet

9.2.1 Hensyn til Nivå 1 demontering:

Demontering til cellenivå anbefales generelt ikke, spesielt for sveisede forbindelser og/eller celler som krever spesifikk mekanisk trykk når de brukes. På dette nivået er det nye systemet laget med nydesignede beskyttelseskomponenter som aldri ble testet før. Som sådan kreves det en fullstendig evaluering av systemet etter en standard som er relevant for applikasjonen.

9.2.2 Hensyn til Nivå 2 demontering:

Teknisk informasjon for modulen er nødvendig for å sikre riktig integrasjon samt riktig utforming av beskyttelseskretsen.

Endring av den opprinnelige konfigurasjonen av moduler krever spesiell oppmerksomhet og forsiktighet ved utforming av beskyttelseskretsen, ettersom de opprinnelige beskyttelsesforutsetningene endres.

Sikkerhetsfunksjoner som moduler var avhengige av i den opprinnelige applikasjonen, må gjeninnføres (vurderes i redesign) i en ny applikasjon under hensyntagen til kravene til den nye applikasjonen.

Tilnærmingen som tas kan kreve full evaluering av systemet etter en standard som er relevant for applikasjonen.

9.2.3 Hensyn til Nivå 3 demontering:

Gjenbruk av hele systemet innebærer å stole på sikkerhetsfunksjoner som opprinnelig ble implementert, uten å endre dem. Elektriske kjøretøysystemer er ofte utformet på en måte som gjør at noen sikkerhetskontroller gjøres utenfor batteripakken, selv om koblingselementet er i selve pakken. Det betyr at denne delen av sikkerhetskontrollen ikke kan gjenbrukes i andregangsbruk-applikasjoner og skal utformes og implementeres samt vurderes i sikkerhetsvurderingen.

Sikkerhetsvurderingen kan kreve ytterligere testing dersom det ikke kan dokumenteres at tilsvarende testing allerede er utført på bilsystemet. Et eksempel på typiske tester som kreves i systemsikkerhetsstandarder er beskyttelsesjording, beskyttende potensialutjevning eller elektrisk holdfasthetstest.

10 Batterisikkerhet / brannvern

IEC 62619 representerer den nyeste standarden (the state-of-the-art standard) for stasjonære batterier og deres evaluering av batterisikkerhet. Stasjonære batterier skal vurderes i henhold til denne standarden.

Den spesifikke applikasjonen kan kreve ytterligere brannbeskyttelsestiltak.

10.1 Sammenligner IEC 62619 og UN ECE R100

Individuelle verifikasjoner av testene i henhold til UN ECE R100 eller standarden som ble brukt til å evaluere sikkerheten til batteriet i originalsystemet kan brukes hvis både testen og testkriteriene er likeverdige eller test- og testkriteriene for den opprinnelige søknaden har vist seg å være mer restriktive enn den fra IEC 62619-standard.

Dersom verifikasjoner aksepteres, skal de dokumenteres og evalueres.

Ved avvik i testene skal de stasjonære batteriene evalueres i henhold til IEC 62619. Evalueringsresultatene skal tas i betraktning i fare- og risikoanalysen (se Avsnitt 8) i henhold til den nylig definerte tiltenkte bruken. Egnede korrigerende tiltak skal iverksettes for eksisterende restfarer. Restrisikoer som ikke kan elimineres ved konstruksjon og krav til egnede resulterende ytre vernetiltak skal dokumenteres for brukerne tilsvarende. I tillegg skal det gis passende informasjon om hvordan de gjenværende risikoene skal kontrolleres.

10.2 Kjente avvik fra IEC 62619 som må vurderes

Batteristyringssystem-nivåtestene som beskrevet i Avsnitt 8 kan delvis dekkes av andre standarder, men aksept av testresultater fra andre standarder skal gjøres med forsiktighet. I mange tilfeller avviker både

testbetingelser og beståttkriterier betydelig. Riktig vurdering av alvorlighetsgraden av test og testkriterier er nødvendig.

Samme vurdering gjelder for cellenivå-testing som beskrevet i Avsnitt 7 i IEC 62619. Spesiell oppmerksomhet skal rettes mot 7.3 Hensyn til intern kortslutning. Dette avsnittet tillater to tilnærminger, men for den stasjonære applikasjonen krever mange standarder på systemnivå at " Propagasjonstest " utføres (som beskrevet i Avsnitt 7.3.3)

IEC 62619 tar ikke for seg risiko knyttet til aldring av celler. Det er ikke mulig å teste alle celler for sikkerhet i en andregangsbruk -applikasjon. Av denne grunn kreves det en skikkelig evaluering av historisk bruk og tilstandsdata samt en riktig risikovurdering som vil dekke aldringsaspektet, samt identifisere og adressere sikkerhetsrisiko knyttet til dette (se Avsnitt 7).

11 Funksjonell sikkerhet

Funksjonell sikkerhet er definert som "en del av den samlede sikkerheten knyttet til EUC og EUC-kontrollsystemet som er avhengig av at de E/E/PE-sikkerhetsrelaterte systemene fungerer korrekt og andre risikoreduserende tiltak".

Funksjonell sikkerhetsvurdering (FSA) er en undersøkelse, basert på bevis, for å bedømme den funksjonelle sikkerheten oppnådd av ett eller flere E/E/PE sikkerhetsrelaterte systemer og/eller andre risikoreduserende tiltak.

MERKNAD Veiledningsnotater:

Funksjonell sikkerhet sikrer aktiv beskyttelse mot systemtilstander som kan resultere i uakseptable risikoer for menneskers helse, sikkerhet, eiendom eller miljø. Det oppnås ved å designe og vedlikeholde systemer som nøyaktig tolker inndata, opererer pålitelig og utfører deres tiltenkte sikkerhetsfunksjoner på forespørsel som sikkerhetsinstrumenterte funksjoner (SIF), i samsvar med definerte sikkerhetsintegritetsnivåer (SIL) og innenfor rammen av en strukturert sikkerhetslivssyklus.

Sikkerhetstiltak for å beskytte personell mot elektrisk støt og strømflyt er typisk en kombinasjon av tiltak som jordfeilbryter (RCD), isolasjonsovervåkingseenheter og sikkerhetsinstrumenterte funksjoner (SIFs).

Batteripakker eller systemer kan ha eller ikke ha den nødvendige funksjonelle sikkerhetsdokumentasjonen. I omfanget av denne veiledningen avgrenser vi omfanget til tre tilfeller:

- Tilfelle 1: Demonter batteriet til cellenivå og implementer deretter i en ny BMS:
 - I dette tilfellet kreves det at det gjennomføres en ny funksjonssikkerhetsvurdering. Det skal også vurderes om BMS er kompatibel med de gjenbrukte gamle battericellene og modulene
- Tilfelle 2: Ta ut batterimodulen og bytt ut noen komponenter og/eller funksjonalitet (f.eks. programvare):
 - I dette tilfellet er det nødvendig å utføre en funksjonssikkerhetsvurdering for det nye batterisystemet, inkludert de gjenbrukte batterimodulene og nylig implementerte komponenter. Mangel på data/kunnskap for komponentene er vanlig, nødvendig dokumentasjon for å bevise funksjonssikkerhet må foreligge. Den funksjonelle sikkerhetsvurderingen skal oppdateres og valideres for den nye applikasjonen.
- Tilfelle 3: Gammel batterimodul/pakke tatt fra bilen, sammen med et sett med sikkerhetsfunksjoner – Det er fortsatt nødvendig å gjennomgå funksjonell sikkerhetsanalyse fra den opprinnelige søknaden for gyldighet i en ny applikasjon:
 - I dette tilfellet bør endringen i applikasjonen (f.eks. driftsforhold/miljø/sykluser) vurderes i verifiseringsfasen. Det er mulig å vurdere om den eksisterende funksjonelle sikkerhetsanalysen fra den opprinnelige analysen er gyldig (i praksis ikke lett) - Endringen i applikasjonen (f.eks. driftsforhold/miljø/sykluser) bør vurderes i verifikasjonsfasene og deretter valideres innenfor konteksten og driftsmiljøet.

11.1 Godkjenning av eksisterende funksjonelle sikkerhetsanalyse

Revurdering av fare- og risikoanalyse og funksjonssikkerhet er ikke nødvendig hvis den tiltenkte bruken for etterfølgende stasjonær påføring allerede er tatt tilstrekkelig hensyn til i utviklingen av trekkbatteriet. Søknadskravene må verifiseres og valideres (se IEC61508 for flere detaljer).

Hvis det, basert på en omfattende konsekvensanalyse, kan verifiseres at det ikke er noen forskjeller mellom de underliggende forutsetningene og farebegrensende tiltak for bruk som et fremdriftsbatteri og bruk som et stasjonært batteri, kan resultatene av den funksjonelle sikkerhetsvurderingen fra forrige søknad tas i bruk, forutsatt at de relevante begrensningene er oppfylt. Det utvises imidlertid forsiktighet mot at formelle FSA-dokumenter kanskje ikke er tilgjengelige, og i tillegg kan kvaliteten på dokumentasjonen variere.

MERKNAD Veiledningsnotater:

Sikkerhetsinstrumenterte funksjoner hindrer battericellene i systemet fra å gå inn i en tilstand utenfor det sikre driftsområdet/-området (SOR/SOA). Funksjonene er vanligvis en del av BMS og kan ha deler plassert utenfor batteripakken. Det sikre driftsområdet er vanligvis definert som tillatt minimum- og maksimum temperatur, minimum- og maksimum celledspenning og maksimal lade- og utladningsstrøm som definert i celledspesifikasjonen gitt av produsenten.

11.2 Gjeldende standarder for funksjonssikkerhet

Relevante EU-direktiver gir foreløpig ikke harmoniserte standarder for funksjonssikkerhet som kan følges for antagelse om samsvar. Derfor er det opp til produsenten å velge tilnærmingen for å redusere farer og sikre et akseptabelt sikkerhetsnivå som bestemt av risikovurderingen. Det anbefales å studere IEC 61508-0 for en grunnleggende forståelse.

Denne veiledningen anbefaler bruk av EN 61508 for funksjonssikkerhetsanalyse. De applikasjonsspesifikke kravene skal i alle tilfeller vurderes for den stasjonære energilagringsapplikasjonen.

— EN 61508 (alle deler), Funksjonell sikkerhet for elektriske/elektroniske/programmerbare elektroniske sikkerhetsrelaterte systemer.

Dessuten kan applikasjonsspesifikke standarder i IEC 61508 nedenfor brukes:

- 1) ISO 26262 (alle deler), Veikjøretøy – Funksjonell sikkerhet; (applikasjonsspesifikk standard for 61508), og
- 2) IEC TR 61508-6-1 (teknisk rapport; ennå ikke publisert på tidspunktet for utviklingen av denne veiledningen).

Følgende standarder kan brukes angående funksjonssikkerheten til stasjonære fremdriftsbatterier:

- a) EN ISO 13849-1, Maskinsikkerhet – Sikkerhetsrelaterte deler av kontrollsystemer – Del 1: Generelle prinsipper for design,
- b) EN 62061, Maskinsikkerhet – Funksjonell sikkerhet for sikkerhetsrelaterte elektriske, elektroniske og programmerbare elektroniske kontrollsystemer, og
- c) EN 60730-1, Automatiske elektriske kontroller – Del 1: Generelle krav.

MERKNAD 1 ISO 26262 brukes vanligvis for fremdriftsbatterier til veikjøretøyer.

MERKNAD 2 EN ISO 25119 brukes vanligvis for fremdriftsbatterier til traktorer og landbruks- og skogbruksmaskiner. Denne standarden er ikke gjenstand for vurdering i denne veiledningen.

MERKNAD 3 ISO 13849-1 og EN 60730-1 er imidlertid ikke basert på 61508, derfor anbefaler vi ISO 26262 og IEC 62061 fremfor disse for bedre å samsvare med de systematiske tilnærmingene 61508. I tillegg bør krav fra IEC 62619 vurderes, og kravene til andre standarder som UL9540, NFPA kan også vurderes for implementering av sikkerhetsfunksjoner.

MERKNAD 4 I EU/EØS er ISO 26262 ikke obligatorisk og brukes delvis av produsenter. I fremtiden kan dette være en mer pragmatisk tilnærming for batterifunksjonell sikkerhetsvurdering.

11.3 Revurdering av funksjonssikkerhet for gjenbrukte batterier

En eksisterende funksjonssikkerhetsanalyse for batterier som skal gjenbrukes i en ny applikasjon må vurderes for å avgjøre om nye forhold i den nye applikasjonen påvirker forutsetningene og analysegrunnlaget slik at revurdering av funksjonssikkerhet er nødvendig.

Det understrekes at det oppfordres til samarbeid mellom operatørene og produsent for å identifisere risikoene. Skriftlig DIA (Development Interface Agreement) anbefales når det er aktuelt.

EKSEMPEL Områder som er berørt av den nye applikasjonen:

- Eventuelle manglende sikkerhetsfunksjoner og deler av sikkerhetsfunksjoner som i den nye applikasjonen er plassert utenfor den gjenbrukte batteripakken – selv om sluttkomponenter (som kontaktorer) er plassert i batteripakken – og som legges til eller erstattes i ny implementering med andre sikkerhetsparameterverdier (f.eks. MTTF),
- Testrutiner som ble utført i den opprinnelige applikasjonen (for eksempel målinger og funksjonstester som skjer mens elbilen er i parkert tilstand og batteripakken er frakoblet på høyspentsiden) fjernes eller skiftes ut, og
- Levetidsgrenser for deler av sikkerhetsfunksjonene som påvirkes av nye bruksmønstre og driftsmiljøer i den nye applikasjonen (f.eks. koblingssykluser, lastprofiler).
- Økt behov for sikkerhetsfunksjoner grunnet økning i antall farlige situasjoner i nye anvendelser av batteriene.

11.4 Revurdering av funksjonssikkerhet for gjenbrukte batterier i henhold til en ny standard

Ved revurdering av funksjonell sikkerhet i henhold til en annen standard enn batteripakken opprinnelig ble evaluert til, må følgende problemstillinger i det minste vurderes i analysen:

- For at en sikkerhetsfunksjon skal vurderes etter kravene i standarden, må alle relevante krav i standarden være oppfylt, og
- Nødvendige vernetiltak (risikoreduserende tiltak) defineres ut fra en fare- og risikoanalyse under risikovurderingen. Ved bruk av en annen standard enn den som opprinnelig ble brukt for batteripakken, må det nødvendige sikkerhetsnivået for sikkerhetsfunksjoner som implementerer nødvendige beskyttelsestiltak omdefineres basert på vurderingen etter den nye standarden.

11.5 Sikkerhetsintegritetsnivå – overførbarhet mellom standarder

Det er nødvendig å vurdere kravene til arkitektur av maskinvare, programvare og maskinvarebaserte reservefunksjoner i henhold til den nye standarden for funksjonell sikkerhet. Den nye analysen bør uansett sammenligne normative krav til sikkerhetsfunksjonene. Hvis disse kravene viser seg å være forenlige, kan de vurderes for overføring. Hvis det viser seg å være annerledes, bør en ny evaluering gjennomføres.

Kravene til farlig feilprosent og for arkitektur av sikkerhetsfunksjonene må vurderes for å avgjøre om overføring av den spesifikke implementeringen er mulig mellom den opprinnelige og den nye standarden.

Kartlegging mellom feilfrekvensvilkårene fra ISO 26262 til IEC 61508 og kartlegging av feilraten fra ISO 26262 til IEC 61508 finnes i Tillegg D til TR 61508-6-1.

Utdrag fra TR 61508-6-1:

"Det er en vanlig praksis i bransjen å utvikle maskinvare eller mykvare for bilmarkedet i henhold til ISO 26262:2018 og deretter gjenbruke dem i sammenheng med andre markeder som krever samsvar med IEC 61508. For mer informasjon kan Annex A til TR 61508-6-1 brukes til å vurdere ekvivalensnivået mellom H1266 og ISO 2626. elementer utviklet til ISO 26262."

MERKNAD 1 For den delvise ekvivalensen, mellom IEC 61508-konsepter og ISO 26262, kan 906 arbeidsprodukt fra ISO 26262 brukes med tilpasning basert på TR 61508-6-1.

MERKNAD 2 For manglende samsvar mellom IEC 61508-konsepter og ISO 26262, skal IEC 61508 brukes fra bunnen av. Se TR 61508-6, seksjon 4–7.

11.6 Sikkerhetsytelsesnivå (f.eks. SIL, PL) i henhold til forskjellige standarder

Maksimal tillatt farlig feilfrekvens er en forutsetning for å kategorisere/definere sikkerhetsytelsesnivået/indikatoren som vurderer ekvivalens mellom standarder. Nivåene for feilsannsynligheter er definert forskjellig i ulike standarder, men det er samsvar. I tillegg stiller for eksempel IEC 61508 krav til gjennomsnittlig sannsynlighet for farlig svikt og sannsynlighet for farlig svikt per time når lavt etterspurt sikkerhetsfunksjon er påkrevd (PFDavg), som ikke har direkte overgang til verken ISO26262 eller ISO 13849-1. Se IEC TR 61508-6-1 for flere detaljer.

Table 15. Proposed mapping scheme for ASIL to SIL.

Standard		Safety Levels			
ISO26262	ASIL A	ASIL B	ASIL C	ASIL D	–
IEC 61508	–	SIL 1	SIL 2	SIL 3	SIL 4

Figur 2 — ASIL versus SIL

Utdrag fra: Okoh, P., & Myklebust, T. (2024). Mapping to IEC 61508 the hardware safety integrity of elements developed to ISO 26262. *Safety and Reliability*, 43(2), 114–130. <https://doi.org/10.1080/09617353.2024.2343959>

Table 4 – Required SIL and PFH of pre-designed subsystem

IEC 62061 (IEC 61508)	IEC 62061	IEC 61508 ^a	ISO 13849 ^b	IEC 61496
PFH	SIL	at least ...	at least ...	at least ...
< 10 ⁻⁵	SIL 1	SIL 1	PL b, c	Type 2
< 10 ⁻⁶	SIL 2	SIL 2	PL d	Type 3
< 10 ⁻⁷	SIL 3	SIL 3	PL e	Type 4
NOTE A relation between IEC 62061 and IEC 61511 (all parts) or ISO 26262 cannot be assumed within this table.				
^a This column includes SIL-based standards that fulfil the architectural constraints of IEC 61508, such as IEC 61800-5-2 and IEC 60947-5-3.				
^b Does not apply to subsystems using complex components, unless they meet the requirements of IEC 61508 or applicable functional safety products standards. Performance Level b does not correspond to SIL1 in case of a category B (ISO 13849-1) structure.				

Figur 3 — Table 4 – Kopi av Table 4 fra IEC62061:2021+AMD1:2024

Det bør bemerkes at produsenter grundig bør sette seg inn i de relevante standardene (som angitt i tabellene ovenfor) før de anvender konvertering mellom standarder.

12 EMC

EMC skal evalueres i henhold til faktiske krav for installasjonen eller produktet som batteripakken skal inngå i. Testing i henhold til harmonisert standard anbefales.

Det elektromagnetiske miljøet i en stasjonær applikasjon vil være vesentlig forskjellig fra miljøet batteripakker erkonstruert og testet for elektriske kjøretøyapplikasjoner utsettes for. Direkte sammenligning mellom eksisterende test-metodikk, omfang og nivå mot krav for ny applikasjon er i utgangspunktet ikke mulig.

For å dekke alle bolig, handels og industriområder kan følgende standarder benyttes:

- EN IEC 61000-6-1, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-1: Generic standards – Immunity standard for residential, commercial and light-industrial environments,
- EN 61000-6-3-100 (in preparation), Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-3: Generic standards – Emission standard for residential, commercial and light-industrial environments,
- EN IEC 61000-6-2, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-2: Generic standards – Immunity standard for industrial environments, og
- EN IEC 61000-6-4, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-4: Generic standards – Emission standard for industrial environments.

De strengeste krav skal legges til grunn om ikke batteriprodusenten har definert bruksområde spesielt. Dette medfører at krav til utstråling skal være ifølge EN IEC 61000-6-3-100 som for bolig, og krav til immunitet skal være ifølge EN IEC 61000-6-2 som for industri.

Risiko identifisert i risikoanalyse med utgangspunkt i EMC som påvirker funksjonell sikkerhet skal pålegges krav som gitt i:

- EN 61000-6-7, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-7: Generic standards - Immunity requirements for equipment intended to perform functions in a safety-related system (functional safety) in industrial locations.

Bibliografi

Mapping to IEC 61508 the hardware safety integrity of elements developed to ISO 26262 Okoh, P., & Myklebust, T. (2024). *Safety and Reliability*, 43(2), 114–130. <https://doi.org/10.1080/09617353.2024.2343959>

CONTENTS

National Foreword	4
Introduction	5
Important concepts	5
1 Scope	7
2 Normative references	8
3 Terms and Definitions	9
3.1 Terms and definitions	9
3.2 Abbreviations	11
4 Regulatory requirements consideration	12
5 Definition of the planned new intended use	12
6 General safety considerations to disassembly	13
7 General considerations about aging, SoH and SoS	13
8 Hazard and risk analysis	14
9 Electrical safety	16
9.1 Wiring and insulation	16
9.2 Electrical safety considering different disassembly levels	16
9.2.1 Considerations to Level 1 disassembly:	16
9.2.2 Considerations to Level 2 disassembly:	16
9.2.3 Consideration to Level 3 disassembly:	16
10 Battery safety / fire protection	17
10.1 Comparing IEC 62619 and UN ECE R100	17
10.2 Known deviations from IEC 62619 that need to be considered	17
11 Functional safety	17
11.1 Adoption of existing functional safety analysis	18
11.2 Applicable functional safety standard	18
11.3 Re-assessment of functional safety for repurposed batteries	19
11.4 Re-assessment of functional safety of re-purposed batteries according to a new standard	20
11.5 Safety Integrity Level – transferability between standards	20
11.6 Safety performance level (e.g. SIL, PL) according to different standards	20
12 EMC	21
Bibliography	23
 Figure 1 – Figure 1: Scope of Guide based on product lifecycle	8
Figure 2 – ASIL VS SIL	21
Figure 3 – Table 4 – Copy of the Table 4 from IEC62061:2021+AMD1:2024	21
 Table 1 –	6

National Foreword

- 1) Norsk Elektroteknisk Komite (NEK) is the Norwegian member of the International Electrotechnical Commission (IEC) and the European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC). The object of NEK is to promote international, European and national co-operation concerning standardization. To this end and in addition to other activities, NEK publishes standards and other technical related documents developed by NEK, IEC and/or CENELEC (hereafter referred to as “NEK Publication(s)”). Any person interested in the subject dealt with may participate in the preparatory work with NEK-publications.
- 2) The formal decisions or agreements of NEK on technical matters express, as nearly as possible, consensus among stakeholders organized through NEK Technical Committees.
- 3) This publication has the form of requirements and/or recommendation for national use. While all reasonable efforts are made to ensure that technical contents of NEK publications are correct and accurate, NEK cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any user.
- 4) In order to promote international uniformity, NEK applies EN IEC publications transparently to the maximum extent possible. Any divergence brought to the attention of NEK, between any EN IEC Publication and a NEK-publication is indicated to the user.
- 5) NEK itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services. NEK is not responsible for any services carried out by third parties, e.g. independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to NEK or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this NEK Publication or any other NEK Publications.
- 8) Attention is drawn to the normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this NEK publication may be the subject of patent rights. NEK shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

This document has been established by consensus in a working group organized under committee NEK NK 21/120 Secondary Batteries and Energy Storage Systems, with input from a limited consultation with NEK, Batteriforum Romerike, DSB (Norwegian Directorate for Civil Protection) and Miljødirektoratet (Norwegian Environment Agency).

The Guide is published in English and Norwegian languages.

Introduction

This document has been developed to provide guidance on the reuse of electric vehicle batteries in other applications than for vehicle propulsion. Norway is still ahead in the shift from fossil to electric vehicle propulsion, and in April 2025, nearly 870,000 electric vehicles were registered in Norway. It turns out that the lifespan of electric vehicle batteries is longer than previously expected, so the supply of used batteries has been correspondingly lower than initially assumed. Now in 2025, the supply is increasing, and it is crucial that the need for safe and responsible handling of batteries is addressed through regulations and standards.

In Norway, the EU's new Battery Regulation (EU) 2023/1542 will be implemented through a new "batteriforskrift" when the regulation is incorporated into the EEA Agreement. According to the Norwegian Environment Agency, this is expected to happen in the first half of 2025. The Norwegian Environment Agency has itself developed a guide for handling batteries, which it is recommended to familiarize yourself with. When it comes to electrical safety in handling batteries, both IEC and CENELEC are well underway with the development of standards that are expected to be harmonized with the new Regulation (EU) 2023/1542, but this will still take time.

By combining available documents and making professional assessments, it is possible to document the safety required by European and Norwegian authorities. National guides and specifications can be used to advantage for this purpose in the absence of and pending national and/or international standards. As soon as standards in the area are available, these will take precedence over guides.

Based on inquiries with requirements and wishes from the authorities and the battery industry at DSB and Batteriforum Romerike, NEK started their work on this guide in 2023, which is expected to be of great help to users while waiting for the international standards. The guide describes how to systematically analyze, assess and test used electric vehicle batteries prior to use in new applications.

The use of "must", "shall" and "should" is kept at such a level that if the reader makes presumption of conformity to this guide, the "must" and "shall" requirements shall be complied with.

A final remark is that the phase of dismantling the batteries from the cars and classifying them for transport is described in a separate guide currently being developed at NEK.

Important concepts

Here are some of the most central concepts that are crucial for the correct understanding of the content:

Table 1

Normative text	Text that contains requirements, recommendations, and permissions.
Informative text	Text that supports the understanding or use of the document, or provides contextual information about the content, background, or relationship to other documents.
Note	Used to provide additional information intended to make it easier to understand or use the text in the document.
National note	Used to provide relevant additional information, e.g., about Norwegian conditions and applicable regulations. The National note is prepared by NEK.
Annex - Normative	Contains additional normative text related to one or more parts of the document.
Annex - Informative	Contains additional information to support the understanding or use of the document; may include optional requirements that are not necessary to claim compliance with the entire document.
Shall	Requirements that cannot be deviated from if compliance with the document is to be claimed.
Should	Recommendations that indicate a possible choice or method considered particularly suitable, without necessarily mentioning or excluding others.
May	Expression indicating permission, option, or opportunity to do something.
Can	Possibility or ability, which according to context, should be understood as an expected or conceivable outcome, or as the suitability or quality necessary to do or achieve something specific.
NOTE 1 CLC/ISO/IEC uses "may" and "can". The difference in Norwegian translation is determined by context.	
NOTE 2 The terms are based on CENELEC Internal Regulations 3 (IR3) which apply in case of doubt or ambiguity.	

1 Scope

The intention with this document is to guide manufacturers and importers on how to repurpose vehicle batteries for stationary applications, i.e. the manufacturing of a 2nd life battery product. This document will not cover application-specific requirements and safety considerations for battery energy storage systems during the installation phase. This is covered by application-specific safety standard (for example IEC/EN 62933-5 series of standard). This document is based on standard VDE 0510-100:2023-04 Stationary battery energy storage systems with lithium batteries.

This guide specifies recommendations for basic safety requirements for the stationary use of lithium-ion batteries (hereinafter referred to as stationary batteries) previously approved as traction batteries for road vehicles (hereinafter referred to as traction batteries).

These traction batteries have been approved for road vehicles (hereinafter referred to as homologation) and are to be put to new use in stationary applications (either in whole or after partial or full disassembly). They can be used batteries as well as new batteries. In this case, the statutory regulations for batteries in stationary use shall be complied with.

This Guide is applicable to traction batteries consisting of at least several battery cells, one or more safety devices, a battery management system (BMS), housing and external interfaces. This also includes traction batteries on which modifications have been made for stationary use that represent deviations from the vehicle homologation status.

However, the document does not cover the requirements for battery energy storage systems (BESS) that use the traction batteries described here. These requirements are defined in other rules and regulations.

For special areas of application, further regulations and standards may have to be applied.

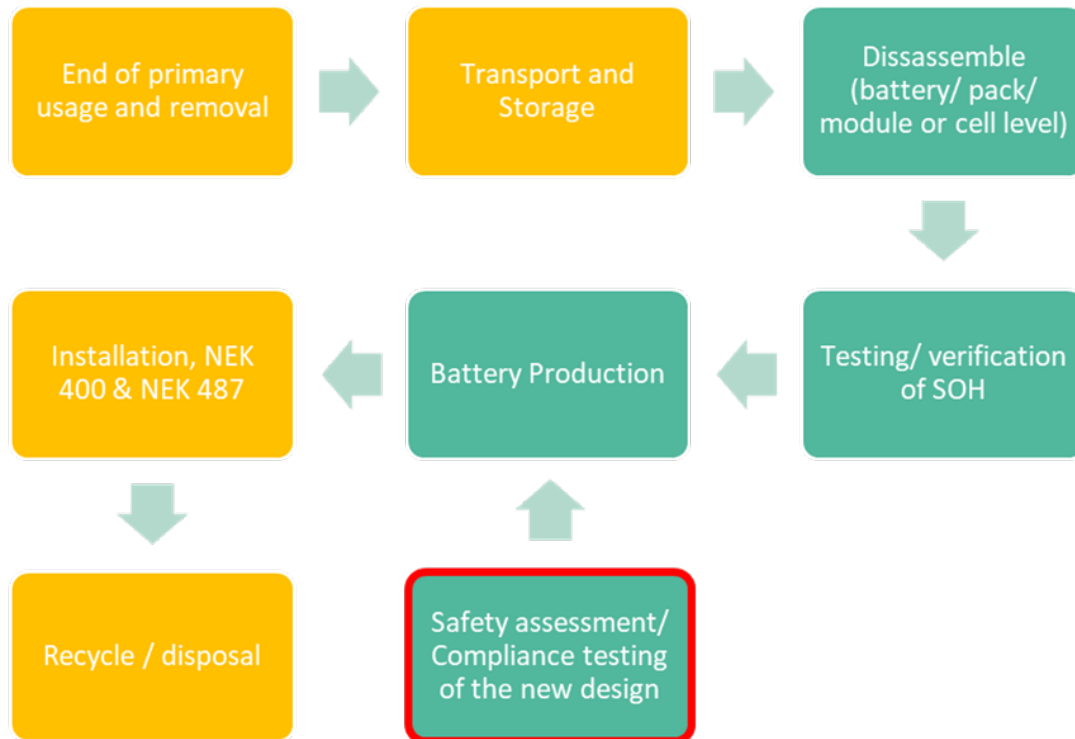


Figure 1 — Figure 1: Scope of Guide based on product lifecycle

Yellow boxes indicate parts of the lifecycle that are not covered in the scope of this guide.

Green boxes indicate parts that are partly considered in this guide.

Green box with red border is main area of focus for this guide document.

2 Normative references

The following referenced documents contain text which fully or in part is part of the requirements in the document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the cited document applies (including amendments).

CENELEC GUIDE 32, *Guidelines for Safety Related Risk Assessment and Risk Reduction for Low Voltage Equipment*

DIN VDE V 0510-100 VDE V 0510-100:2023-04, *Safety of lithium-ion batteries from electrically propelled road vehicles for use in stationary applications*

Directive 2008/98/EC, *of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives*

Directive 2014/35/EU, *of the European Parliament and of the Council of 26 February 2014 on the harmonisation of the laws of the Member States relating to the making available on the market of electrical equipment designed for use within certain voltage limits (recast)*

EN IEC 61000-6-1, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-1: Generic standards – Immunity standard for residential, commercial and light-industrial environments*

EN IEC 61000-6-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-2: Generic standards – Immunity standard for industrial environments*

EN IEC 61000-6-4, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-4: Generic standards – Emission standard for industrial environments*

EN ISO 13849-1, *Safety of machinery – Safety-related parts of control systems – Part 1: General principles for design*

EN 61000-6-3-100 (in preparation), *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-3: Generic standards – Emission standard for residential, commercial and light-industrial environments*

EN 61000-6-7, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-7: Generic standards - Immunity requirements for equipment intended to perform functions in a safety-related system (functional safety) in industrial locations.*

EN 60730-1, *Automatic electrical controls – Part 1: General requirements.* EN 61508 (all parts), *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems*

EN 61508 (all parts), *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems*

EN 62061, *Safety of machinery – Functional safety of safety-related electrical, electronic and programmable electronic control systems*

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*

ISO/IEC Guide 51:2014, *Safety aspects — Guidelines for their inclusion in standards*

ISO 12100:2010, *Safety of machinery — General principles for design — Risk assessment and risk reduction*

ISO 26262 (all parts), *Road vehicles – Functional safety*

NEK EN 50110-1, *Sikkerhet ved arbeid i og drift av elektriske anlegg*

REGULATION (EU) 2023/1542, *Regulation (EU) 2023/1542 of the European Parliament and of the Council of 12 July 2023 concerning batteries and waste batteries, amending Directive 2008/98/EC and Regulation (EU) 2019/1020 and repealing Directive 2006/66/EC*

2022/C 247/01, *The ‘Blue Guide’ on the implementation of EU product rules 2022*

UNECE Regulation No. 100, *Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to specific requirements for the electric power train*

3 Terms and Definitions

3.1 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply:

IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>

Definitions given in IEC 61508-4 apply.

Definitions given in CENELEC Guide 32 apply.

Definitions given in IEC 62619 apply.

3.1.1**repurposing**

any operation that results in a battery that is not a waste battery, or parts thereof being used for a purpose or application other than that for which the battery was originally designed.

[SOURCE: REGULATION (EU) 2023/1542]

3.1.2**re-use**

any operation by which products or components that are not waste are used again for the same purpose for which they were conceived.

[SOURCE: Directive 2008/98/EC]

3.1.3**battery system**

A system which comprises one or more cells, modules or battery packs and has a battery management system capable of controlling current in the event of overcharge, overcurrent, overdischarge and overheating.

[SOURCE: IEC 62619:2022]

3.1.4**electric vehicle battery**

a battery that is specifically designed to provide electric power for traction in hybrid or electric vehicles of category L as provided for in Regulation (EU) No 168/2013, that weighs more than 25 kg, or a battery that is specifically designed to provide electric power for traction in hybrid or electric vehicles of categories M, N or O as provided for in Regulation (EU) 2018/858.

[SOURCE: REGULATION (EU) 2023/1542]

3.1.5**battery management system (BMS)**

electronic circuit which prevents overcharge, deep discharge, elevated temperatures, etc. which can lead to hazardous situations. The BMS can consist of hardware only or of a combination of hardware and software. Where software is used for safety-related monitoring, it shall be designed accordingly.

3.1.6**battery energy storage system (BESS)**

an industrial battery with internal storage that is specifically designed to store from and deliver electric energy to the grid or store for and deliver electric energy to end-users, regardless of where and by whom the battery is being used.

Note 1 to entry: In general, safety functions and housing also belong to the BESS.

Note 2 to entry: The power conversion system can be an AC to DC converter or a DC-to-DC converter for charging or discharging the battery also belongs to BESS.

[SOURCE: REGULATION (EU) 2023/1542]

3.1.7**lithium-ion battery**

secondary battery with an organic solvent electrolyte and positive and negative electrodes which utilize an intercalation compound in which lithium is stored.

Note 1 to entry: A lithium-ion battery does not contain lithium metal.

[SOURCE: IEC Electropedia]

3.1.8**hazard**

potential source of harm

Note 1 to entry: The term hazard may be qualified in order to define its origin or the nature of the expected harm (e.g. electric shock hazard, impact hazard, cutting hazard, toxic hazard, fire hazard, drowning hazard).

[SOURCE: ISO/IEC Guide 51:2014]

3.1.9**harm**

Injury or damage to the health of people, or damage to property or the environment.

[SOURCE: ISO/IEC Guide 51:2014]

3.1.10**safety**

freedom from risk which is not tolerable.

[SOURCE: ISO/IEC Guide 51:2014]

3.1.11**safety level**

safety level is representative of the different safety integrity levels (e.g. SIL, ASIL, PL) of the various functional safety standards.

3.1.12**importer**

any natural or legal person established within the Union who places on the market a battery from a third country.

3.1.13**manufacturer**

any natural or legal person who manufactures a battery or has a battery designed or manufactured, and markets that battery under its own name or trademark or puts it into service for its own purposes.

3.2 Abbreviations

For the purposes of this document, the following abbreviations apply.

Abbreviation term	Description
ASIL	automotive safety integrity level
BESS	battery energy storage systems
BMS	battery management system
EMC	electromagnetic compatibility
EUC	equipment under control
HW	hardware
PL	performance level
SIL	safety integrity level
SW	software
FEL	regulations on low-voltage electrical installations
FEU	electrical Equipment Regulations
FSE	regulations on safety when working in and operating electrical installations
MTTF	mean time to failure
FMEA	failure mode and effect analysis

4 Regulatory requirements consideration

The vehicle manufacturer bears the manufacturer's obligations for the batteries in the vehicle application.

Making a traction battery available on the market for stationary use (then called a stationary battery) represents a “renewed” placing on the market. In Norway (as well as in EU) this is equivalent to placement on the market for the first time, therefore the relevant Norwegian law (as well as EU directives, EU regulations and applicable legal provisions) shall be observed. Compliance with these regulations shall be confirmed by the manufacturer (of the stationary battery) as a part of declaration of conformity.

It is crucial to understand that standards used for evaluation of battery/ battery system in original application may be different to ones required in new application. An additional important factor is time, that passed, since original evaluation. Standards have a validity date and even if the correct standard was used previously, it may not be valid anymore, due to revisions that happen over years.

Repurposing may require additional mitigations due to lack of evidence of old batteries compliance with valid harmonised standards.

NOTE REGULATION (EU) 2023/1542 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 12 July 2023 concerning batteries and waste batteries, amending Directive 2008/98/EC and Regulation (EU) 2019/1020 and repealing Directive 2006/66/EC it is being implemented in Norwegian law as Forskrift om batterier og kasserte batterier.

5 Definition of the planned new intended use

The new intended use shall be defined, and the differences between the original and new use shall be documented (as applicable).

6 General safety considerations to disassembly

All work on live battery systems shall be carried out in accordance with applicable national law (such as FEL or FEU and FSE in Norway) and safety norms as per NEK EN 50110-1. It is worth underlining compliance with requirements of training and qualification of personnel, as well as use of appropriate PPE gear when performing such work.

Battery systems that are disassembled for integral or partial re-use and/or recycling must undergo a safety assessment according to EU directives and national Law to prevent accidents and potential material damage and personal injuries. Through their service life, used batteries may develop hidden faults and defects that make them more hazardous with respect to newly manufactured ones.

A proposed safety assessment for incoming battery systems consists of a thorough visual inspection, followed by a sequence of temperature measurement and electrical tests. Additionally, discharging the battery down to a lower level of energy prior to disassembly may reduce the consequence of an eventual accident.

Prior to disassembly, the battery casing shall be visually inspected for physical integrity with particular interest in:

- 1) Indication of physical damage such as dents and/or scoring marks,
- 2) Overall condition of high voltage connection terminals – if corroded, bent or damaged,
- 3) Indications of burned or overheated surfaces on its surfaces,
- 4) Indication of fluid passage through the casing's sealed openings such as connectors and/or flanges, and
- 5) Holes or rusted through spots where water or other fluids could have ingressed the casing.

Monitoring the temperature of the battery allows for early detection of unexpected heat development that could indicate a developing thermal runaway in a defective battery, for example. As part of this initial safety assessment, it is recommended to measure the battery's surface temperature using a thermal imaging device so that potential localized heat clusters may be identified.

If applicable, the battery system's BMS shall be read for any stored error codes, such as:

- a) Insulation faults,
- b) Cell voltage unbalance, and
- c) Cell and/or module temperature reading.

These may also indicate a defective battery with potentially higher accident risk when mechanically and/or electrically stressed.

If BMS is not present or can't be read, insulation tests can still be carried out prior to disassembling of the battery system. Refer to system's documentation for minimal insulation values.

7 General considerations about aging, SoH and SoS

Aging, also called degradation, of battery cells is usually determined by measuring actual capacity and comparing with nominal capacity. The capacity loss, in percentage, can be derived from the ratio between actual and nominal capacity. State-of-health (SoH) is the term often used to describe this capacity loss. As an example, if the capacity loss is 15%, the SoH is said to be 85%.

Determination of capacity loss is hierarchical, meaning that it can be presented at pack, module, and cell level. However, if batteries explicitly are to be determined, measurements should be carried out on the DC-side of the converter to mirror only electrochemical aging mechanisms and not purely electrical mechanisms in the converter. Capacity loss should be determined by measuring ampere hours (Ah) and using the same duty cycle, usually conditions such as C/20 and 25°C, more detailed descriptions are found in DIN DKE SPEC 99100:2025.

Although capacity loss is seen as the primary degradation indicator, the upcoming battery regulation from the European commission [European Commission, Joint Research Centre, Szczuka, C., Sletbjerg, P. and Bruchhausen, M., Performance and Durability Requirements in the Batteries Regulation - Part 1: General assessment and data basis, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2024, <https://data.europa.eu/doi/10.2760/289331>, JRC136381] specifies that three additional key performance indicators (KPI) should be determined: power tolerance, resistance, and efficiency. As previously described for the capacity loss, these three additional indicators should be presented as a relative change from nominal state. While capacity, power tolerance and efficiency decrease with time, resistance will increase. The methodologies for determining these KPIs are not determined at the time of writing this guide, however, to accurately present the relative change, the same method should be used. Further guidelines can be taken from DIN DKE SPEC 99100.

The general consensus in the battery community is that the four KPIs explained here are all considered to describe the SoH of a battery. This is however a simplification, and the correlation between decreasing SoH and increases safety risk is difficult to prove. What we are looking for is more of a state of safety (SOS), which is another term used to distinguish between performance and safety of batteries. There are suggestions to include logging of *negative events*, which is dynamic data for events like this:

- time spent outside temperature limits,
- number of deep discharge events, and
- number of overcharge events.

Due to the evolving field of diagnostics within battery performance and safety, guides like this will need to be revised at some point.

NOTE Refers also to ANNEX IV ELECTROCHEMICAL PERFORMANCE AND DURABILITY REQUIREMENTS FOR LMT BATTERIES, INDUSTRIAL BATTERIES WITH A CAPACITY GREATER THAN 2 KWH AND ELECTRIC VEHICLE BATTERIES of REGULATION (EU) 2023/1542.

8 Hazard and risk analysis

The risk associated with the repurposed battery pack and battery system (that are to be utilized in stationary BESS) shall be assessed and understood by the manufacturer, economic operator as defined in Regulation (EU) 2023/1542 and the end users. Hazard identification, risk analysis and risk assessment of the battery systems according to the Low-voltage Directive, using suitable standards and guidelines like CENELEC Guide 32 and Machinery Directive as applicable is to be carried out. An example of a suitable risk assessment standard is ISO 12100, which is harmonized with the Machinery Directive. EU Directive and National Law apply for documentation requirements.

If existing safety-related measures within the boundary of the battery packs/systems have already been implemented within the scope of vehicle homologation (UN R100), and if vehicle homologation documents for battery packs/systems are available, it is still required to demonstrate and document that,

- The existing safety-related measures implemented within the scope of vehicle homologation meet or exceed the required risk reduction for the intended use as defined in Chapter 5 (informative reference could be risk analysis of BESS, refer to Chapter 15 of UL 9540), and
 - The safety-related measures implemented within the scope of vehicle homologation do not require external elements in order to achieve the protection goal, because all safety-related measures implemented in the old battery packs/systems are maintained after repurposing, or
 - Additional safety measures implemented or required externally to battery pack/system that are required to achieve an acceptable residual risk, have been documented and effectiveness of already implemented measures has been verified. In other words, it should be ensured that new safety related components are equal or higher level of safety protection than safety-related components that have been replaced.

New risk assessments shall be performed taking into account the new applications of the repurposed battery pack/system. For example, methods like FMEA and Fault tree analysis can be applied for identifying relevant failure modes and event scenarios in battery modules and systems.

In particular, accident scenarios related to toxic gases release, thermal runaway, fire and explosion hazard must be assessed and documented. Suitable risk assessment methods can be found in CENELEC GUIDE 32 and ISO 12100 (see also IEC 61508, VDE-AR-E 2510-50510 and UL 9540). A method according to applicable directive, regulation or harmonised standards shall be used. The residual risks remaining after the risk assessment and evaluation shall be documented for the operator and end user. Additionally, suitable information should be provided on how to control the remaining risks (see IEC 61508-2 Annex D for more details).

A hazard and risk analysis shall be carried out for the planned intended use of the stationary battery. It shall include all life phases and ageing effects, as addressed in IEC 62619. According to IEC 62619:2022 The safety of lithium secondary cells and battery systems requires the consideration of two sets of applied conditions:

- 1) intended use, and
- 2) reasonably foreseeable misuse.

Cells and battery systems shall be designed and constructed so that they are safe under conditions of intended use and reasonably foreseeable misuse. It may also be expected that cells and battery systems subjected to intended use shall not only be safe but shall continue to be functional in all respects. It is expected that cells or battery systems subjected to misuse may fail to function. However, even if such a situation occurs, they shall not present any significant hazards.

Based on the system conditions and the risk assessment, the manufacturer shall define a safety integrity level for the safety critical components (HW/SW) and the BESS parts. Suitable methods to determine SILs can be found in IEC 61508-5. The construction requirements resulting from the intended level shall be met. In addition to the mere documentation inspection, the risk reduction measures shall be verified.

For evaluation made on a module, pack or rack level not all the risks from final application can be addressed and taken into account. The operators (as defined in Regulation (EU) 2023/1542) shall be made aware of the limitations of the evaluation and consider it in evaluation the BESS to system safety standards (for example IEC 62933-5-2).

9 Electrical safety

In order to ensure that the battery complies with the EU Low Voltage Directive (2014/35/EU), verification of the electrical safety of the electrical equipment shall be provided by entity signing declaration of conformity. Protection against hazards that may be caused by the electrical equipment through direct or indirect contact shall be ensured. For this purpose, the original manufacturer of the battery shall provide the operators (as defined in Regulation (EU) 2023/1542) or the new distributor of the battery with the relevant data for low-voltage equipment from the perspective of electrical safety.

It is recommended to apply one of the listed harmonised standards (e. g. EN 61010-1, EN 62109-1, EN 62368-1, EN 62477-1 as applicable) or NEK400 for the electrical safety of the battery.

9.1 Wiring and insulation

Wiring and insulation in the battery system must be sufficient to withstand the maximum anticipated voltage, current, temperature, altitude and humidity requirements. The battery system may only be used in a BESS where the maximum limits are respected. The battery system may be protected from e.g. impulse voltage by BESS level components such as surge arrestors and isolation from AC side, which means that the battery system itself does not need to be able to withstand grid side impulse voltages.

9.2 Electrical safety considering different disassembly levels

The safety assessment of the battery built from used components depends heavily on disassembly level of primary use system and it may require a different approach. The 3 levels of disassembly can be categorized as:

Level 1 - disassembly to cell level

Level 2 - disassembly to module level

Level 3 - reuse of full system

9.2.1 Considerations to Level 1 disassembly:

Disassembly to cell level in general is not recommended especially for welded connections and/or cells that require specific mechanical pressure when used. At this level the new system is created with newly designed protection components that were never tested before. As such a full evaluation of the system to a standard relevant for the application is required.

9.2.2 Considerations to Level 2 disassembly:

Technical information for module is required to assure proper integration as well as proper design of the protection circuit.

Changing the original configuration of modules requires special attention and caution when designing protection circuit as original protection assumptions changes.

Safety functions that modules were relying on in original application will need to be reintroduced (considered in redesign) in a new application taking into account requirements for the new application.

The approach taken may require full evaluation of the system to a standard relevant for the application.

9.2.3 Consideration to Level 3 disassembly:

Repurposing of the full system implies relying on safety features implemented originally without modifying them. Electric vehicle systems are often designed in a way that some safety controls are done outside

of the battery pack even if switching element is in a pack itself. It means this part of safety controls cannot be reused in second use application and shall be designed and implemented as well as considered in safety assessment.

The safety assessment may require performing additional testing if it cannot be shown by documentation that equivalent testing has been done already on car system. An example of a typical tests that are required in system safety standards are protecting earthing, protective bonding or electric strength test.

10 Battery safety / fire protection

IEC 62619 represents the state-of-the-art standard for stationary batteries and their evaluation of battery safety. Stationary batteries are to be evaluated according to this standard.

The specific application may require additional fire protection measures.

10.1 Comparing IEC 62619 and UN ECE R100

Individual verifications of the tests according to UN ECE R100 or the standard that was used to evaluate safety of battery in original system can be used if both the test and the test criteria are equivalent or test and test criteria of original application is proved to be more restrictive than the one from IEC 62619 standard.

If verifications are accepted, they shall be documented and evaluated.

In the event of deviations in the tests, the stationary batteries shall be evaluated in accordance with IEC 62619. The evaluation results shall be taken into consideration in the hazard and risk analysis (see Clause 8) in accordance with the newly defined intended use. Suitable corrective measures shall be implemented for existing residual hazards. Residual risks that cannot be eliminated by design and requirements for suitable resulting external protective measures shall be documented for users accordingly. Additionally, suitable information shall be given on how to control the remaining risks.

10.2 Known deviations from IEC 62619 that need to be considered

The Battery Management System level tests as described in clause 8 may partly be covered by other standards however accepting test results from other standards shall be done with caution. In many cases both test conditions and pass criteria differs significantly. Proper assessment of severity of test and test criteria is necessary.

Same consideration applies to cell level testing as described in clause 7 of IEC 62619. Special attention shall be done to clause 7.3 Consideration for internal short circuit. This clause allows two approaches but for the stationary application many System level standards require "Propagation test" to be done (as described in clause 7.3.3).

IEC 62619 does not address risk related to aging of cells. It is not possible to test all cells for safety in a second use application. For this reason, a proper evaluation of historical use and state of health data as well as proper risk assessment is required that will cover aging aspect as well as identify and address safety risk related to it (see clause 7).

11 Functional safety

Functional safety is defined as 'part of the overall safety relating to the EUC and the EUC control system that depends on the correct functioning of the E/E/PE safety-related systems and other risk reduction measures.

Functional safety assessment (FSA) investigation, based on evidence, to judge the functional safety achieved by one or more E/E/PE safety-related systems and/or other risk reduction measures.

NOTE Guidance notes:

Functional safety ensures the active mitigation of system states that could result in unacceptable risks to human health, safety, property or the environment. It is achieved by designing and maintaining systems that accurately interpret input data, operate reliably, and perform their intended safety functions on demand as safety instrumented functions (SIF), in alignment with defined safety integrity levels (SIL) and within the framework of a structured safety lifecycle.

Safety measures to protect personnel against electric shock and current flow are typically a combination of measures such as residual current protective devices (RCDs), insulation monitoring devices and safety instrumented functions (SIFs).

Battery packs or systems may or may not have the necessary functional safety documentations. In the scope of this guideline, we delimit the scope into three cases:

- Case 1: Disassemble the battery to cell level and then implement in a new BMS:
 - In this case, it is required that a new functional safety assessment is carried out. It shall be also assessed if the BMS is compatible with the re-purposed old battery cells and modules
- Case 2: Remove the battery module and replace some components and /or functionality (e.g. software):
 - In this case, it is required to perform a functional safety assessment for the new battery system including the repurposed battery modules and newly implemented components. Lack of data/knowledge for the components is common, required documentation to prove the functional safety must be available. The functional safety assessment must be updated and validated for the new application.
- Case 3: Old battery module/pack taken from the car, together with a set of safety functions – It is still required to review functional safety analysis from the original application for its validity in a new application:
 - In this case, the change in the application (e.g. operating conditions/environment/cycles) should be considered in the verification phase. It is possible to review if the existing functional safety analysis from the original analysis is valid (practically not easy) - The change in the application (e.g. operating conditions/environment/cycles) should be considered in the verification phases and subsequently validated within the context and operating environment.

11.1 Adoption of existing functional safety analysis

Re-assessment of the hazard and risk analysis and functional safety is not necessary if the intended use for subsequent stationary application has already been sufficiently taken into account in the development of the traction battery. The application requirements must be verified and validated (see IEC61508 for more details).

If, based on a comprehensive impact analysis it can be verified that there are no differences between the underlying assumptions and hazard mitigation measures for use as a traction battery and use as a stationary battery, then the functional safety assessment results from the previous application can be adopted, provided the relevant constraints are met. However, caution is made that formal FSA documents may not be available, and in addition, the quality of documentation can vary.

NOTE Guidance notes:

Safety instrumented functions prevent the battery cells in the system from entering a state outside the safe operating region/area (SOR/SOA). The functions are usually part of the BMS and may have parts located outside the battery pack. The safe operating region is usually defined as the allowable minimum and maximum temperature, minimum and maximum cell voltage, and maximum charge and discharge current as defined in the cell specification provided by manufacturer.

11.2 Applicable functional safety standard

Relevant EU directives do not currently provide harmonized standards for functional safety that can be followed for presumptive conformity. Therefore, it is up to the manufacturer to choose the approach to mitigate hazards and ensure an acceptable level of safety as determined by the risk assessment. It is recommended to study IEC 61508-0 for a basic understanding.

This guideline recommends applying EN 61508 for functional safety analysis. The application specific requirements shall in all cases be considered for the stationary energy storage application.

- EN 61508 (all parts), Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems.

Moreover, application-specific standards of IEC 61508 below can be used.

- 1) ISO 26262 (all parts), Road vehicles – Functional safety; (application specific standard of 61508), and
- 2) IEC TR 61508-6-1 (technical report; not yet published at the time of development of this guide).

The following standards can be applied concerning the functional safety of stationary traction batteries:

- a) EN ISO 13849-1, *Safety of machinery – Safety-related parts of control systems – Part 1: General principles for design*,
- b) EN 62061, *Safety of machinery – Functional safety of safety-related electrical, electronic and programmable electronic control systems*, and
- c) EN 60730-1, *Automatic electrical controls – Part 1: General requirements*.

NOTE 1 ISO 26262 is usually applied for traction batteries of road vehicles.

NOTE 2 EN ISO 25119 is usually applied for traction batteries of tractors and agricultural and forestry machinery. This standard is not the subject of consideration in this document.

NOTE 3 However, ISO 13849-1 and EN 60730-1 are not based on 61508, therefore we recommend ISO 26262 and IEC 62061 over these to align better with the systematic approaches 61508. In addition, requirements from IEC 62619 should be considered and the requirements of the other standards such as UL9540, NFPA may also be considered for implementing safety functions.

NOTE 4 In EU/EEA, ISO 26262 is not mandatory and is partly used by manufacturers. In the future, this might be a more pragmatic approach for battery functional safety assessment.

11.3 Re-assessment of functional safety for repurposed batteries

An existing functional safety analysis for batteries that is to be repurposed for use in a new application must be assessed to determine whether new circumstances in the new application affect the assumptions and basis for analysis such that re-evaluation of functional safety is necessary.

It is emphasized that Collaboration is encouraged between the operators and the manufacturer to identify the risks. Written DIA (Development Interface Agreement) is recommended when applicable.

EXAMPLE Areas affected by the new application:

- Any missing safety functions and parts of safety functions that in the new application are located outside of the repurposed battery pack, even if final elements (such as contactors) are located in the battery pack, that are added or replaced in new implementation with different safety parameter values (e.g. MTTF).
- Test routines that were performed in the original application (for example measurements and function tests that occur while the electric vehicle is in a parked state and the battery pack is disconnected on the high voltage side) are removed or replaced.
- Service life limits for parts of the safety functions that are affected by new usage patterns and operating environments in the new application (e.g. switching cycles, load profiles).
- Change in demand rate for safety functions due to increased frequency of dangerous situations in new applications of the batteries.

11.4 Re-assessment of functional safety of re-purposed batteries according to a new standard

When re-evaluating functional safety according to a different standard than the battery pack was originally evaluated to, the following issues must at least be addressed in the analysis:

- For a safety function to be assessed according to the requirements of the standard, all relevant requirements in the standard must be met, and
- Necessary protective measures (risk reduction measures) are defined based on a hazard and risk analysis during the risk assessment. When using a different standard than the originally used for the battery pack, the required safety level for safety functions that implement the necessary protective measures must be redefined based on the assessment according to the new standard.

11.5 Safety Integrity Level – transferability between standards

It is necessary to assess the requirements for architecture of hardware, software and hardware back-up functions according to the new standard for functional safety. The new analysis should in any case compare normative requirements for the safety functions. If these requirements are found to be compatible, they can be assessed for transfer. If found to be different, a new evaluation should be carried out.

The requirements for dangerous failure rate and for architecture of the safety functions must be assessed in order to determine whether transfer of the specific implementation is possible between the original and new standard.

Mapping between the failure rate terms from ISO 26262 to IEC 61508 and mapping of failure rate from ISO 26262 to IEC 61508 are found in Annex D of the TR 61508-6-1.

Extract from TR61508-6-1:

"It is a common practice in the industry to develop hardware or software for the automotive market according to ISO 26262:2018 and then reuse them in the context of other markets that require IEC 61508 compliance. For more information Annex A of TR 61508-6-1 can be used to assess the level of equivalence between ISO 26262 and IEC 61508 when reusing HW and SW elements developed to ISO 26262."

NOTE 1 For the partial equivalence, between IEC 61508 concepts and ISO 26262, work product from ISO 26262 can be used with adaptation based on TR 61508-6-1.

NOTE 2 For the non-equivalence between IEC 61508 concepts and ISO 26262, IEC 61508 is to be used from scratch. See TR 61508-6 Section 4-7".

11.6 Safety performance level (e.g. SIL, PL) according to different standards

The maximum permissible dangerous failure rate is a prerequisite for categorizing/defining the safety performance level/indicator assessing equivalence between standards. The levels for failure probabilities are defined differently in different standards, but there is correspondence. In addition, for example, IEC 61508 sets requirements for the average probability of dangerous failure and probability of dangerous failure per hour when the low-demanded safety function is required (PFDavg), which does not have a direct transition to either ISO26262 or ISO 13849-1. See IEC TR 61508-6-1 for more details.

Table 15. Proposed mapping scheme for ASIL to SIL.

Standard		Safety Levels			
ISO26262	ASIL A	ASIL B	ASIL C	ASIL D	–
IEC 61508	–	SIL 1	SIL 2	SIL 3	SIL 4

Figure 2 — ASIL VS SIL

Excerpts from: Okoh, P., & Myklebust, T. (2024). Mapping to IEC 61508 the hardware safety integrity of elements developed to ISO 26262. *Safety and Reliability*, 43(2), 114–130. <https://doi.org/10.1080/09617353.2024.2343959>

Table 4 – Required SIL and PFH of pre-designed subsystem

IEC 62061 (IEC 61508)	IEC 62061	IEC 61508 ^a	ISO 13849 ^b	IEC 61496
PFH	SIL	at least ...	at least ...	at least ...
< 10 ⁻⁵	SIL 1	SIL 1	PL b, c	Type 2
< 10 ⁻⁶	SIL 2	SIL 2	PL d	Type 3
< 10 ⁻⁷	SIL 3	SIL 3	PL e	Type 4
NOTE A relation between IEC 62061 and IEC 61511 (all parts) or ISO 26262 cannot be assumed within this table.				
^a This column includes SIL-based standards that fulfil the architectural constraints of IEC 61508, such as IEC 61800-5-2 and IEC 60947-5-3.				
^b Does not apply to subsystems using complex components, unless they meet the requirements of IEC 61508 or applicable functional safety products standards. Performance Level b does not correspond to SIL1 in case of a category B (ISO 13849-1) structure.				

Figure 3 — Table 4 – Copy of the Table 4 from IEC62061:2021+AMD1:2024

It should be noted that manufacturers should thoroughly familiarize themselves with the relevant standards (as indicated in above tables) before applying conversion between standards.

12 EMC

EMC shall be evaluated according to the actual requirements for the installation or product in which the battery pack will be included. Testing according to a harmonized standard is recommended.

The electromagnetic environment in a stationary application will be significantly different from the environment that battery packs designed and tested for electric vehicle applications are exposed to. A direct comparison between existing test methodology, scope, and levels versus the requirements for the new application is essentially not possible.

To cover all residential, commercial, and industrial areas, the following standards may be used:

- EN IEC 61000-6-1, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-1: Generic standards – Immunity standard for residential, commercial and light-industrial environments,
- EN 61000-6-3-100 (in preparation), Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-3: Generic standards – Emission standard for residential, commercial and light-industrial environments,

- EN IEC 61000-6-2, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-2: Generic standards – Immunity standard for industrial environments, and
- EN IEC 61000-6-4, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-4: Generic standards – Emission standard for industrial environments.

The strictest requirements shall apply unless the battery manufacturer has specifically defined the area of use. This means that emission requirements shall comply with EN IEC 61000-6-3-100 as for residential environments, and immunity requirements shall comply with EN IEC 61000-6-2 as for industrial environments.

Risks identified in the risk analysis based on EMC that affect functional safety shall be subject to the requirements given in:

- EN 61000-6-7, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-7: Generic standards - Immunity requirements for equipment intended to perform functions in a safety-related system (functional safety) in industrial locations.

Bibliography

Mapping to IEC 61508 the hardware safety integrity of elements developed to ISO 26262. Okoh, P., & Myklebust, T. (2024). Safety and Reliability, 43(2), 114–130. <https://doi.org/10.1080/09617353.2024.2343959>

Om NEK VL 21:2025

Dette dokumentet er utviklet for å gi veiledning om gjenbruk av elbilbatterier i andre applikasjoner og anvendelser enn til fremdrift av biler.

Norge ligger fortsatt langt fremme i skiftet fra fossil til elektrisk fremdrift av biler, og i april 2025 er det registrert nærmere 870.000 elbiler i Norge.

Det viser seg at elbilbatterienes levetid er lengre enn tidligere forventet, så tilgangen på brukte batterier har vært tilsvarende lavere enn først antatt. Nå i 2025 øker tilgangen, og det er avgjørende at behovet for trygg og forsvarlig håndtering av batteriene ivaretas gjennom regelverk og standarder.

Basert på henvendelser med krav og ønsker fra myndighetene og batterinæringen, ved DSB og Batteriforum Romerike, startet NEK i 2023 opp arbeidet med denne veilederen som forventes å være til stor hjelp for brukerne mens de venter på de internasjonale standardene.

Veilederen beskriver hvordan man systematisk kan analysere, vurdere og teste brukte elbilbatterier forut for bruk i nye anvendelser.

Veilederen publiseres på norsk og engelsk.

