



EL- OG HYDROGENKJØRETØY

Andreas Sæter Bøe

andreas.boe@risefr.no

November 2017

Research Institutes of Sweden

RISE Safety and Transport

RISE Fire Research

Trondheim




Prosjekter


- **2015 - Rapport: Nye energibærere**
 - Oversikt over ulike typer nye energibærere, og hvilke potensielle risikoer de innebærer
 - Konklusjon: Mangler mye informasjon og få utførte fullskala forsøk.
- **2016 - Rapport / Forsøk: Elbilbrann**
 - Brannforsøk utført med bl.a Skien brannvesen og Grenland Energy.
 - Konklusjon (basert på våre tester og lignende tester): Ikke så farlig som først antatt.
- **2017 - Pågående prosjekt: Hydrogenkjøretøy i parkeringskjellere**
 - Målet med prosjektet er å finne ut hva konsekvensen av en hydrogeneksplosjon vil være i en parkeringskjeller, basert på tilgjengelig litteratur.




Nullutslippsbiler på vei inn i markedet

 Ifølge nasjonal transportplan:
⇒ I 2025 - Alle nye biler er nullutslippsbiler

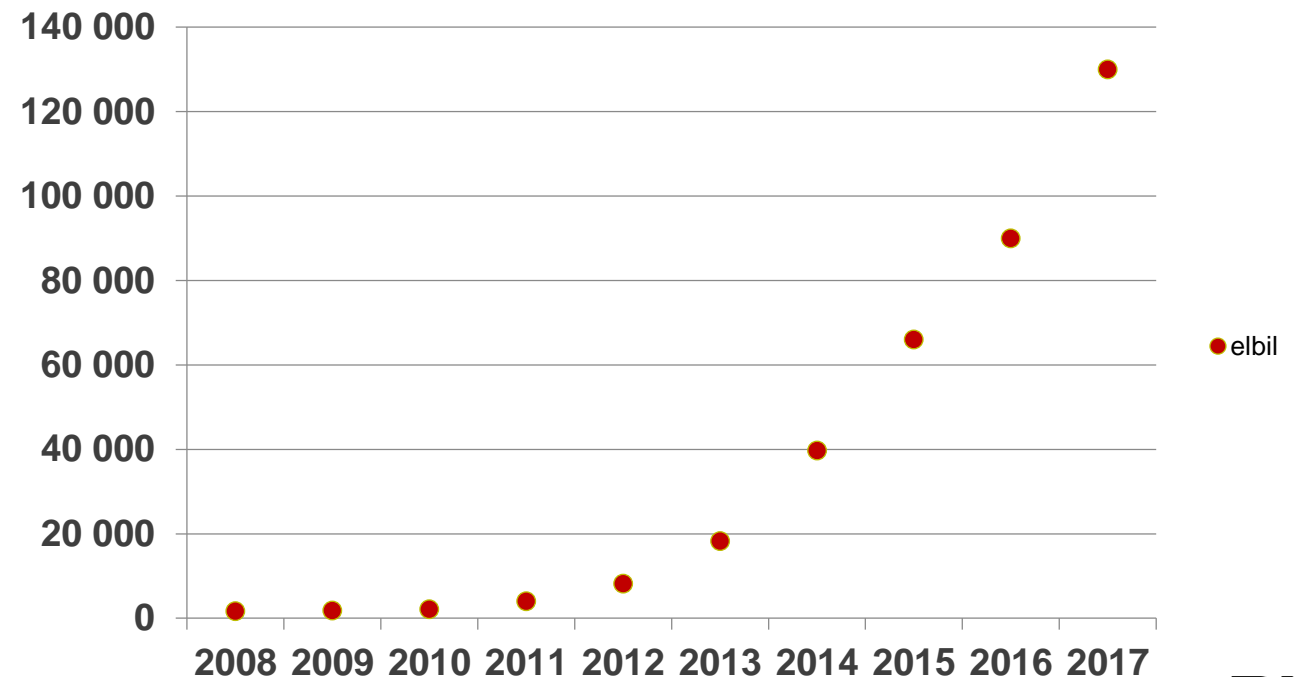
 Ca. 130 000 elbiler per nå (ca. 4 %)

 Ca. 60-70 hydrogenkjøretøy.

 Busser, lastebiler, tog og ferger kommer mer og mer som hydrogen eller el.



Antall elbiler i Norge



Samfunnsrisiko

Hvorfor kan det være en samfunnsutfordring å introdusere nye energibærere så raskt?

- Regelverk er nødvendigvis ikke tilpasset risikoen nye energibærere medfører.
- Eksisterende bygninger er nødvendigvis ikke tilpasset risikoen nye energibærere medfører.
- Risiko er ikke fullstendig kartlagt.
- Redningspersonell har ikke samme erfaring med hvordan slike branner oppfører seg, og hvordan de skal håndteres på en trygg måte.



To hovedtyper batterier

Primærbatterier:

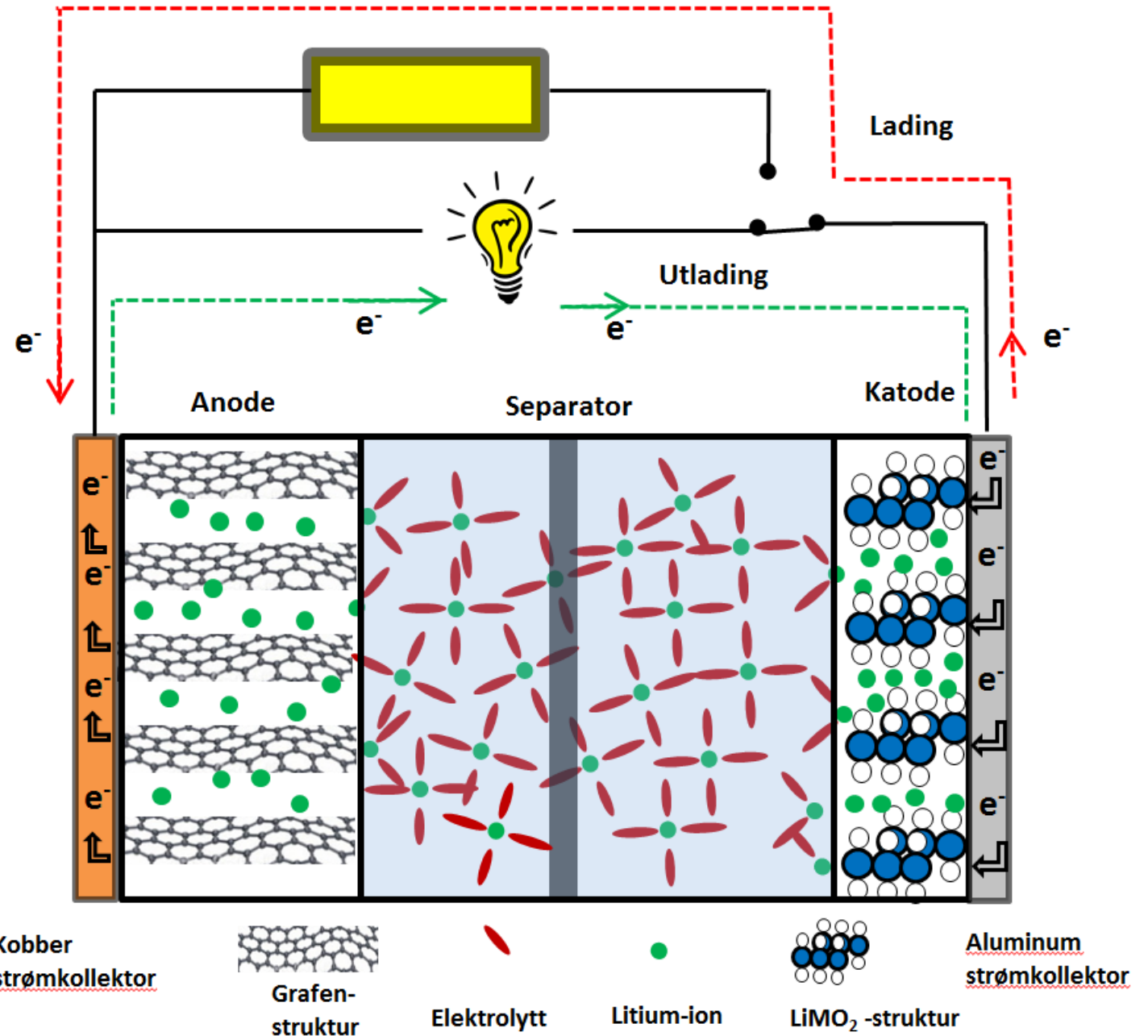
- Engangsbatterier (knappcellebatterier o.l.)
- Litiumceller: Fritt litiummetall
- Metallslokker vil fungere
- Bruk av vann kan gi kraftige reaksjon

Sekundærbatterier:

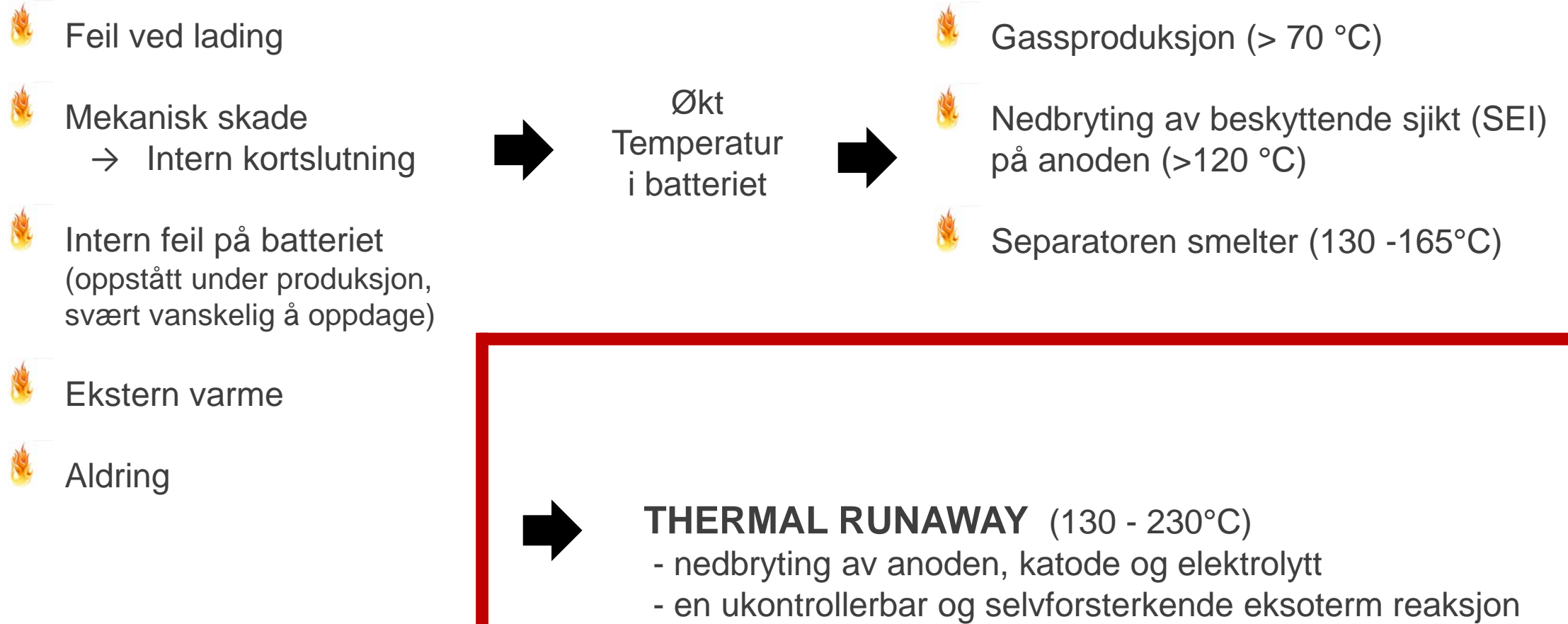
- Oppladbare batterier (mobil, pc, elbiler m.m.)
- Litium-ion celler: Bundet litium
- Metallslokker vil ikke fungere
- Vann fungerer fint



Batterikjemi og oppbygning av en battericelle



Hvordan kan en brann oppstå i et batteri?



Thermal runaway leder til brann



Varme - produseres som en følge av *thermal runaway*



Brennbart materiale

- *brennbar gass dannes i batteriet (H₂, CH₄, CO ++)*
- *elektrolytten som finnes i batteriet er brennbar*
- *andre komponenter i bilen (disse kan slokkes på normal måte!)*

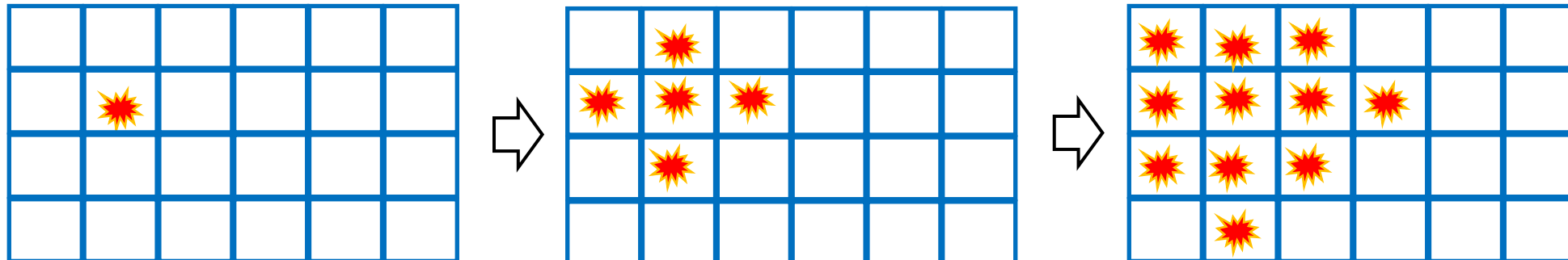


Oksidant

- *finnes i batteriet (katoden)*
- *små mengder O₂-produksjon ved nedbryting av enkelte typer katodemateriale*
- *finnes i omgivelser (oksygen/luft)*

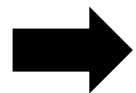
Brannspredning fra celle til celle

- 🔥 Thermal runaway produserer varme som sprer seg til naboceller
→ thermal runaway initieres i naboceller.
- 🔥 Thermal runaway i en celle, lar seg ikke stoppe med vann.
- 🔥 Den eneste kjente måten å stoppe en brann på er å hindre spredning ved å kjøle battericeller hvor thermal runaway ennå ikke har oppstått.



Sikkerhetsmekanismer i elbilbatteriet

- ⇒ Et batteri består av enkeltceller som er satt sammen til en modul.
- ⇒ Modulene er atskilt med brannsperrer slik at varme ikke så lett skal spre seg fra en modul til en annen.
- ⇒ Enkelte moduler er også omkranset av kjølesystemer for å ta bort eventuell varmgang som kan oppstå.
- ⇒ I tillegg et batteriovervåkingssystem som skal forhindre at batteriet når farlige tilstander.



Designet tillater at thermal runaway i en celle sprer seg innad i en modul, men ikke at det sprer seg fra modul til modul.

- Tesla
- «18650» batterier
 - 16 moduler
 - 6 grupper i hver modul
 - 74 celler i hver gruppe
 - ⇒ Totalt 7104 celler



Resultater

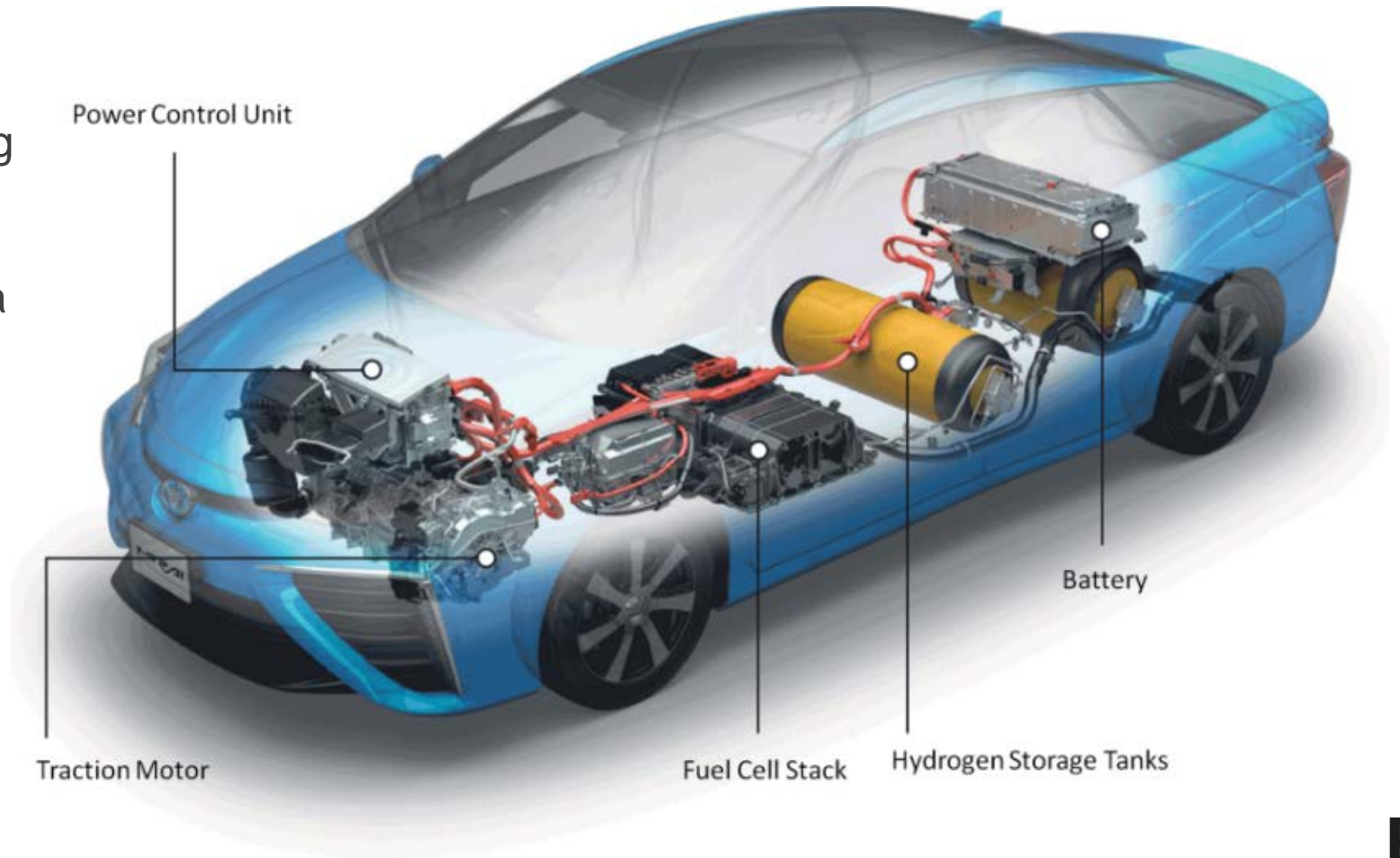
Resultater fra ulike fullskalaforsøk har lært oss følgende:

- Scenario: Brann starter utenfor batteriet
 - ⇒ Tar relativt lang tid før batteriet begynner å brenne
 - ⇒ Kan i mange tilfeller slokkes som en annen bilbrann
- Scenario: Brann har nådd batteripakken
 - ⇒ Alle moduler nødvendigvis ikke involvert
 - ⇒ Vanskelig å få vannet dit det trengs
 - ⇒ Brannen har en tendens til å blusse opp etter at det ser ut som den er slokket.
 - ⇒ Krever en lengre postoperativ tilstedeværelse
- Scenario: Elbil blir utsatt for kraftig kollisjon
 - ⇒ Ved kraftig deformasjon av batteripakke er det sannsynlig at det enten oppstår gassutvikling eller brann.








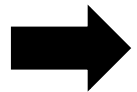
Hydrogen som energibærer

- Hydrogentank med ca. 5 kg hydrogengass
- En brenselcelle som konverterer oksygen og hydrogen til strøm og vann
- Et litium-ion batteri for å gi ekstra strøm f.eks ved akselerasjon.



Egenskaper til hydrogen

-  Hydrogen er usynlig, selv når den brenner.
-  Hydrogen er luktfri, ikke mulig å tilsette et lukkestoff pga krav om renhet i brenselcellen.
-  Brede flamme- /eksplosjonsgrenser (4 – 75 %).
-  Antennelsesenergi ca. 1/10 av andre gasser.
-  Hydrogen er lettere enn luft.



Utendørs vil et gassutslipp lett fortynnes til en ikke-eksplosiv blanding. Lekkasje innendørs er imidlertid mer kritisk.

Sikkerhetsmekanismer i et hydrogenkjøretøy

- Gasstanken er svært robust, og er strategisk plassert i bilen med tanke på en eventuell kollisjon.
- En ventil stenger gasstanken når tenningen er slått av, dersom bilen er utsatt for en kollisjon, eller om en lekkasje detekteres av bilens overvåkningssystem.
- Gasstanken har en overtrykksventil som skal forhindre trykkoppbygging. Dette er en smeltesikring som utløser på 110 °C.

To typer feil kan oppstå ved gasstanken:

Type 1: Ventil løser ikke ut når den skulle ha løst ut (f.eks ved brann)

⇒ Kan føre til at tanken revner.

Type 2: Ventil løser ut når den ikke skulle ha løst ut.

⇒ Fører til at en stor mengde gass løser ut.

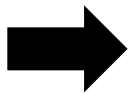
Faktorer som påvirker eksplosjonstrykket

Hvilke konsekvenser en gasslekkasje med påfølgende antenning fører til, avhenger av en rekke faktorer:

- Mengden gass som er sluppet ut
- Konsentrasjonen av gassen
- Antennelsestidspunkt
- Volum av rommet
- Avlastningsflater
- Obstruksjoner
- Ventilasjonsforhold

Resultater av fullskala forsøk

- De aller fleste forsøk er utført i relativt små volum (50 – 150 m²)
- Gassmengder er reelle (~5 kg)
- Benytter homogen gassblanding
 - ⇒ Vil ikke være tilfelle i en ekte situasjon
- Tester er hovedsakelig utført i tomme rom
 - ⇒ Obstruksjoner øker flammehastigheten, og dermed trykket
- Maksimalt overtrykk ligger på rundt 30 - 100 kPa i de utførte testene
 - ⇒ omfattende skader på bygning
 - ⇒ svært alvorlige personskader



Gjenstår å vurdere hvordan dette kan overføres til større parkeringskjellere under reelle betingelser

Sikringstiltak i eksisterende parkeringskjellere

- **P-kjellere < 400 m²**
 - ⇒ Mangler automatiske slokkeanlegg
 - ⇒ Mangler brannalarmanlegg
- **P-kjellere 400 – 1200 m²** (bygget før 2010)
 - ⇒ Mangler automatisk slokkeanlegg
 - ⇒ Mangler brannalarmanlegg
- **P-kjellere < 3600 m²** (bygget mellom 1985 – 1997)
 - ⇒ Mangler automatisk slokkeanlegg
- **P-kjeller > 400 m²** (bygget etter 2010)
 - ⇒ Har både automatisk slokkeanlegg og brannalarmanlegg.

I tillegg har de aller fleste parkeringskjellere kun eksosventilasjon, fordi røykventilasjon ikke er påkrevd dersom automatisk slokkeanlegg er installert.

Hva er spesielt med en innsats i en parkeringskjeller?



Svært stor variasjon mhp geometri, sikkerhetsnivå, størrelse, tilkomst osv.



Dårlig tilkomst – brannbilen kan ikke kjøre inn



Lange slangeutlegg



Dårlig sikt

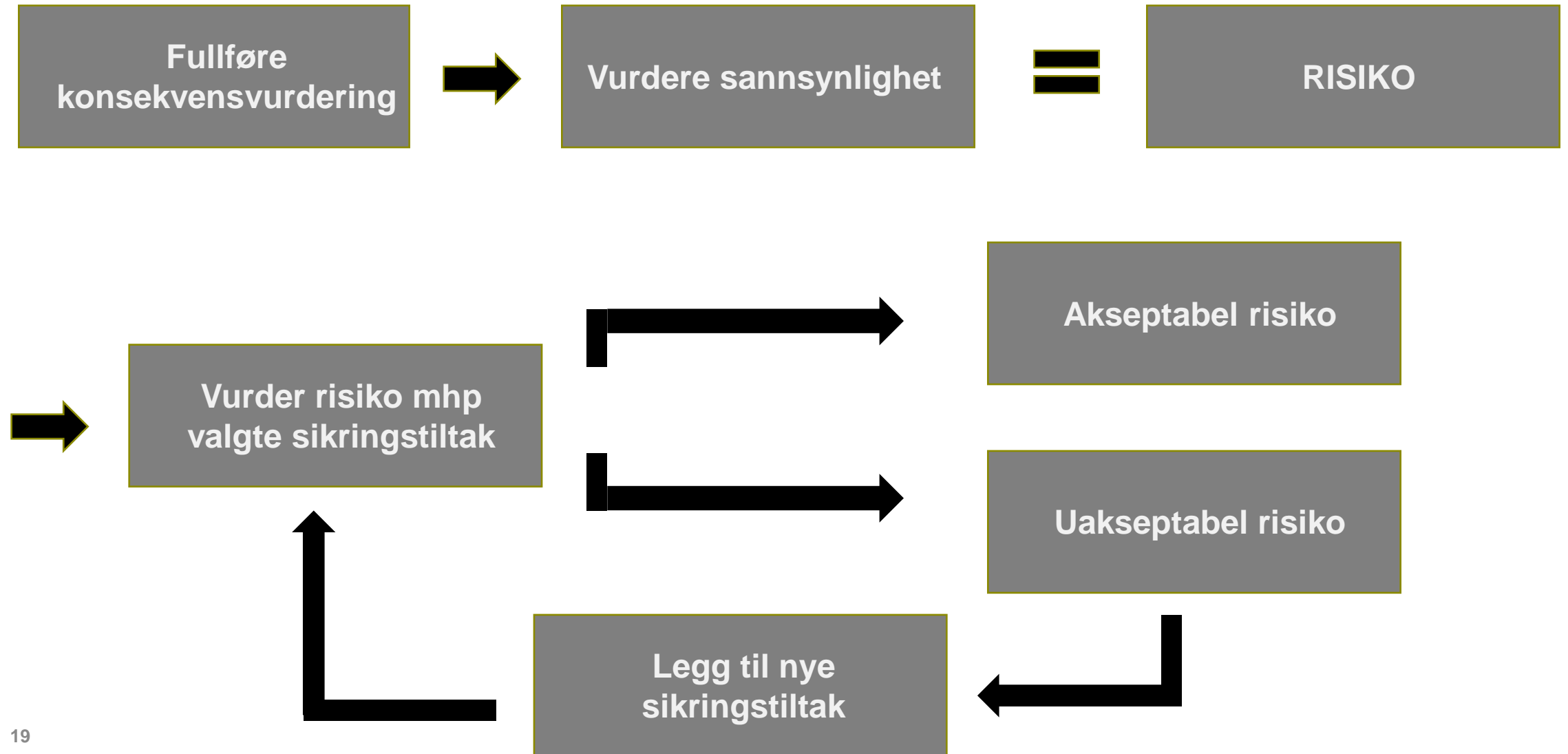


Høy varme



Brannvesenet spiller en nøkkelrolle i denne situasjonen, og må tas med inn i risikovurderingene.

Veien videre for å vurdere om hydrogenkjøretøy kan parkere i parkeringskjellere





Andreas Sæter Bøe
andreas.boe@risefr.no

452 11 989

Research Institutes of Sweden

RISE Safety and Transport
RISE Fire Research
Trondheim

