

Avgassing fra litium-ion batterier i hjemmet

Christoph Meraner, Tian Li, Cristina Sanfeliu Meliá

RISE Fire Research

DiBK fagdag 2021

Bakgrunn

Økning av antall **elsykler, elsparkesykler** og **energilagringsystemer**.

Litium-ion batterier: høy energitetthet og mulighet for effektiv lading og utlading, men innebærer fare for en såkalt *thermal runaway*.

THERMAL RUNAWAY

En **ukontrollert eksoterm kjemisk reaksjon** som bryter ned anode, katode og elektrolytt i en battericelle.

Thermal runaway kan forekomme som resultat av ekstreme forhold, ledsaget av en feilfunksjon.

Målsetting



I hvilken grad avgassing fra et **batteri i en bolig** kan utgjøre en **personrisiko** for personer som befinner seg i huset?



Fokus på konsekvensene knyttet til avgassing.

Målsetting



Utbredelsen av batteri-branner i Norge



Avgassingsmengde og sammensetting



Mulighet for akkumulering til eksplosiv blanding



Eksposering for giftig gass



Mulighet for deteksjon

Hendelser i utlandet

- Branner i Singapore^{1,2}
 - 2016: 9 branner i elsparkesykler,
 - 2017: 40 branner i elsparkesykler og 7 i elsykler
 - 2018: 50 branner i elsparkesykler og 22 i elsykler
- 23 branner i batterisystemer i Sør-Korea i 2018³
- Eksplosjon i et batterisystem i Arizona i 2019⁴

1) Singapore Civil Defence Force, "Fire, Emergency Medical Services and Enforcement Statistics 2018," 2018

2) H. Weydahl, "Batterihendelser 2018-2019," presented at the Medlemsmøte i Norsk forum for batterisikkerhet, 28 Mar. 2019.

3) <https://www.energy-storage.news/news/koreas-ess-fires-batteries-not-to-blame-but-industry-takes-hit-anyway>. [Accessed: 07 Jan. 2021].

4) <https://www.energy-storage.news/news/arizona-battery-fires-lessons-can-be-learned-by-industry-to-prevent-further>. [Accessed: 07 Jan. 2021]

Søk i DSBs database for brannstatistikk, BRIS

- Søket omfatter perioden fra **01.01.2016 – 31.05.2020**.
- Søkeordene som ble brukt er:

**«li-on», «litium», «batteri», «lader», «ladding», «powerbank»,
«powerwall», «elbil», «elsykler»**



BRIS – sortert etter produkttype

Søket førte til totalt 159 treff (114 knyttet til elbil)

45 hendelser registrert i kategori bygning.

- 28 Andre elektriske maskiner – forbrukerprodukter (inkl. 1 elsparkesykkel)
- **10 Elsykkel**
- **5 Balansebrett/ståbrett**
- 2 ikke spesifisert

Antatt arnested	Andre elektriske maskiner - forbrukerprodukter	Balansebrett/ Ståbrett	Elsykkel	Total
Annet	1			1
Fellesareal	1			1
Gang	1		4	5
Garasje	1	1	1	3
Kjeller			2	2
Kjøkken	1	1		2
Kontor	3			3
Lager	2		1	3
Soverom	1	1		2
Stue	3	1	2	6
Utvendig		1		1
Våtrom	6			6

Antatt arnested	Andre elektriske maskiner -	Balansebrett/ Ståbrett	Elsykel	Total
Annet				
Fellesare				
Gang				
Garasje				
Kjeller				
Kjøkken				
Kontor				
Lager				
Soverom				
Stue				
Utvendig				
Våtrom	6			6

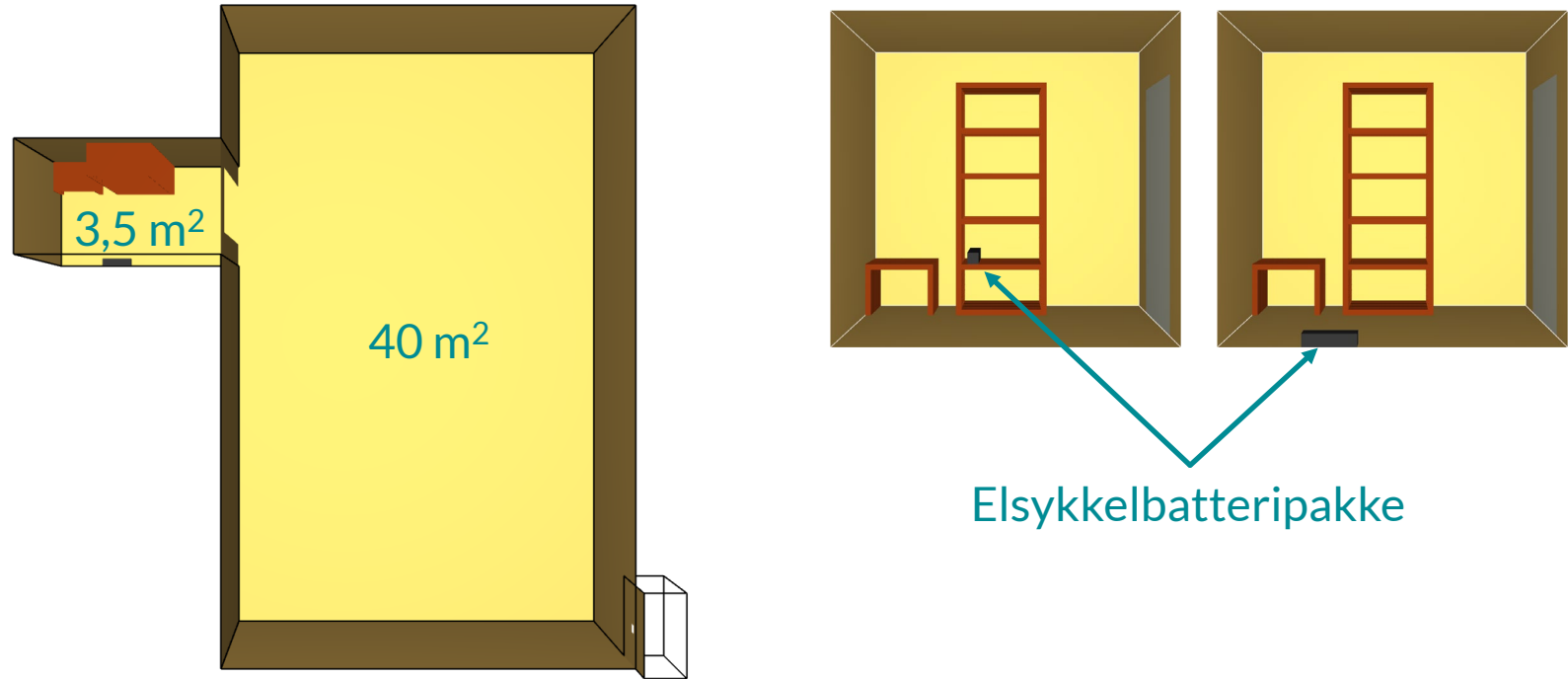


Antagelser

Elsykler, elsparkesykler, osv. oppbevares og lades i hovedsak i gangen/ inngangspartiet eller i garasje og kjeller.

For lettere produkter, som er enklere å forflytte, er det større variasjon i lokasjon.

3D modell for simuleringer av avgassing





Gassmengder og -sammensetning

Mange ulike faktorer avgjør gassmengder og sammensetning



Batteritype og batterikjemi, størrelsen og kapasiteten for cellen, samt ladetilstand.



Metoden som anvendes for å **igangsette *thermal runaway*** påvirker avgassing fra litium-ion batterier.



Forskjellige målemetoder og plassering av målepunkter gir variasjon mellom ulike studier. (for eksempel HF-målinger som varierte med en faktor 2,3–3,8¹)

1) D. Sturk, et al., "Analysis of Li-Ion Battery Gases Vented in an Inert Atmosphere Thermal Test Chamber," Batteries, vol. 5, no. 3, p. 61, Sep. 2019.

Gass-sammensetning

- Karbondioksid



Brennbare komponenter som karbonmonoksid, forskjellige hydrokarboner, metanol og relativt store mengder hydrogen.

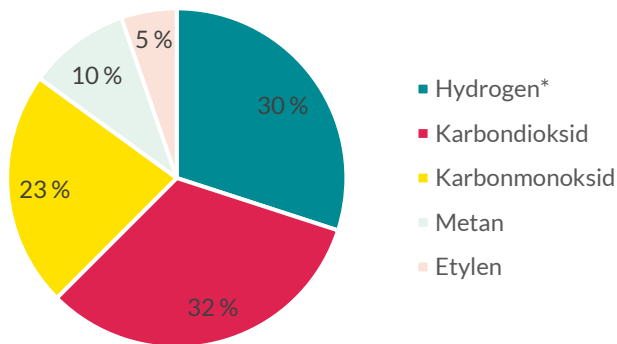


Giftige komponenter som hydrogenfluorid, hydrogenklorid, hydrogencyanid, muligens fosforoksyfluorid og mer.



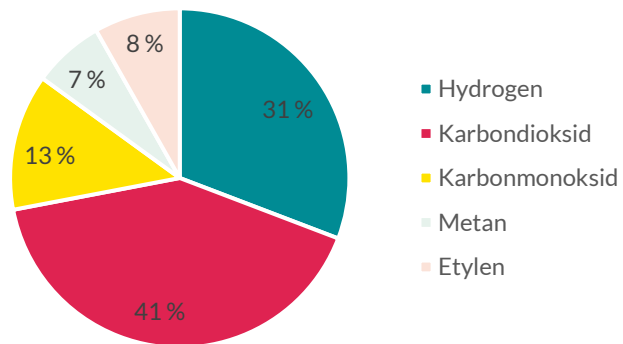
Gass-volumfraksjon (eksempel for NMC)

Gjennomsnittsverdi fra Gully et al.¹



*) basert på antagelser

Golubkov et al.²

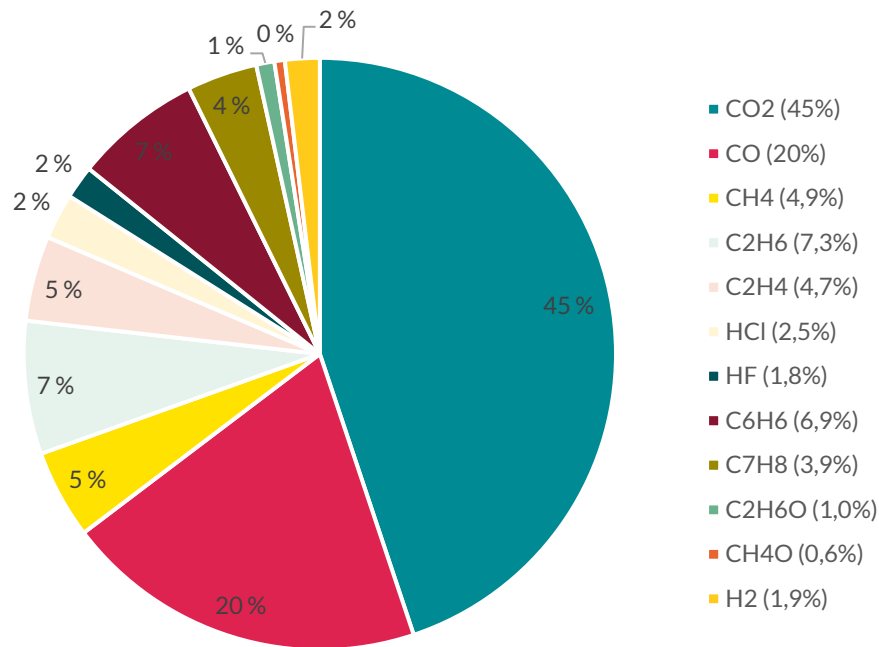


1) B Gully et al., "Technical Reference for Li-ion Battery Explosion Risk and Fire Suppression," DNV GL, 2019-1025, Rev. 4, Nov. 2019.

2) A. W. Golubkov et al., "Thermal-runaway experiments on consumer Li-ion batteries with metal-oxide and olivin-type cathodes," R. Soc. Chem., vol. 4, pp. 3633-3642, 2014.

Input til simulering

- Elsykkel batterier er typisk mellom 400 Wh – 700 Wh¹.
- Representativ Batteripakke på **400 Wh** og 36 V med 18650 batteri **NMC kjemi** (litium-nikkel-mangan-kobolt-oxid)
- Massefraksjon basert på gjennomsnittsverdi fra Gully et al.² og HF måling (11mg/Wh) fra Sturk et al.³

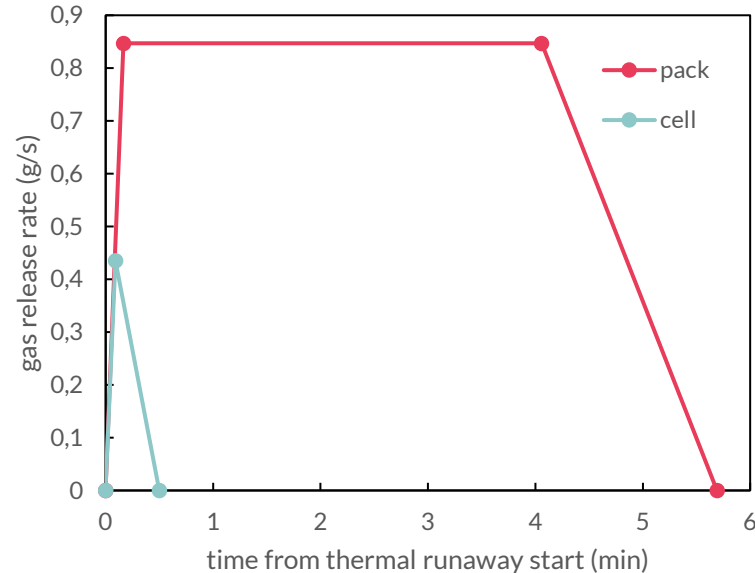


1) "How Much Does an Electric Bike Battery Cost?," eBikesHQ.com.

2) B Gully et al., "Technical Reference for Li-ion Battery Explosion Risk and Fire Suppression," DNV GL, 2019-1025, Rev. 4, Nov. 2019.

3) D. Sturk, et al., "Fire Tests on E-vehicle Battery Cells and Packs," Traffic Inj. Prev., vol. 16, no. sup1, pp. S159-S164, Jun. 2015.

Input til simulering



Antagelser

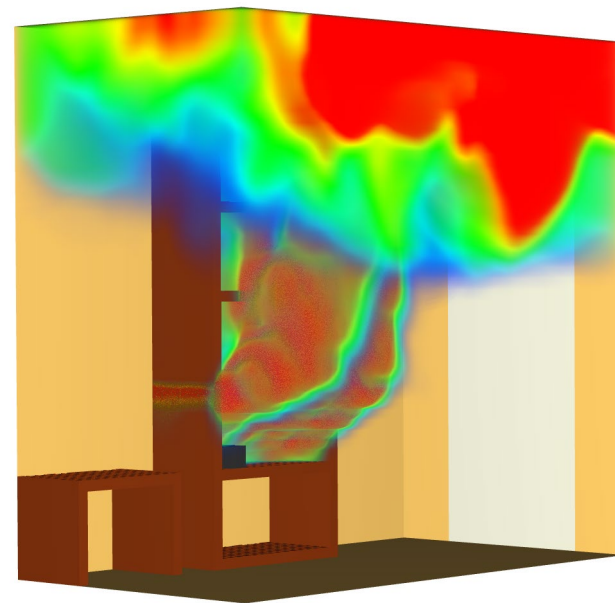
- Totalt gassutslipp av **2 liter/Wh**.
- Thermal runaway i **maks to celler samtidig**.
- Utslippsrate modellert basert på Gully *et al.*¹

1) B Gully *et al.*, "Technical Reference for Li-ion Battery Explosion Risk and Fire Suppression," DNV GL, 2019-1025, Rev. 4, Nov. 2019.



Simuleringer

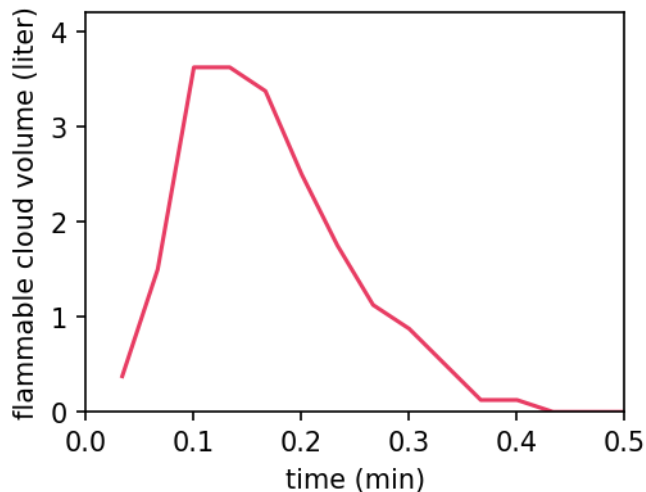
Batteri	Batteri posisjon	Romkonfigurasjon
Celle	Gulv	Gang
Celle	Gulv	Gang og stue
Celle	Hylle	Gang
Celle	Hylle	Gang og stue
Pakke	Gulv	Gang
Pakke	Gulv	Gang og stue
Pakke	Hylle	Gang
Pakke	Hylle	Gang og stue
Pakke	Gulv	Gang (dør til stue åpnes 5 min forsinket)



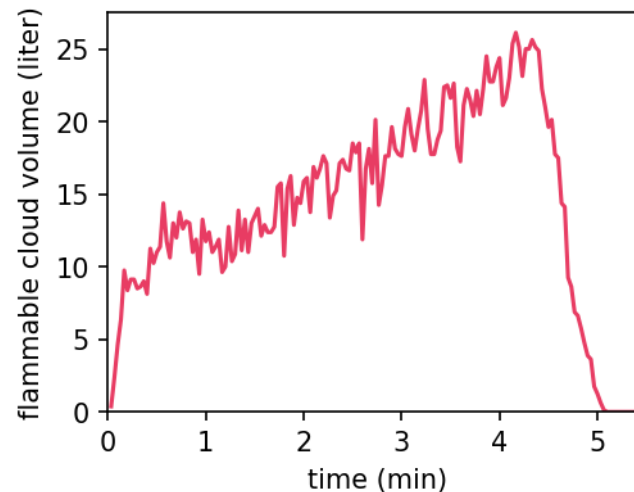
Akkumulering av eksplosiv blanding



Avgassing fra **battericelle**
i et **lite rom** (i hyllen).



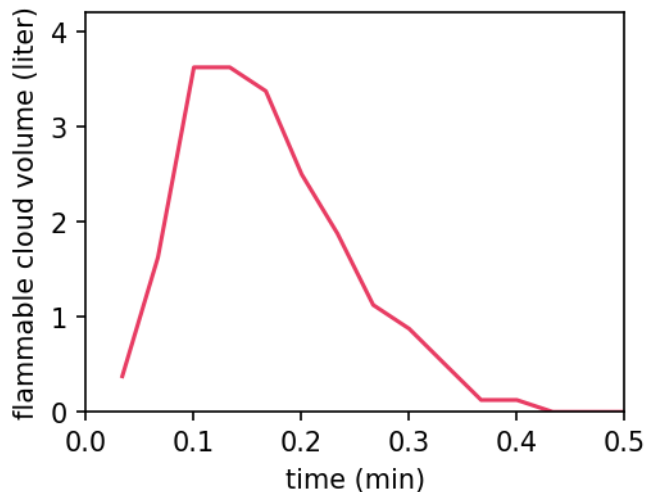
Avgassing fra **batteripakke**
i et **lite rom** (i hyllen).



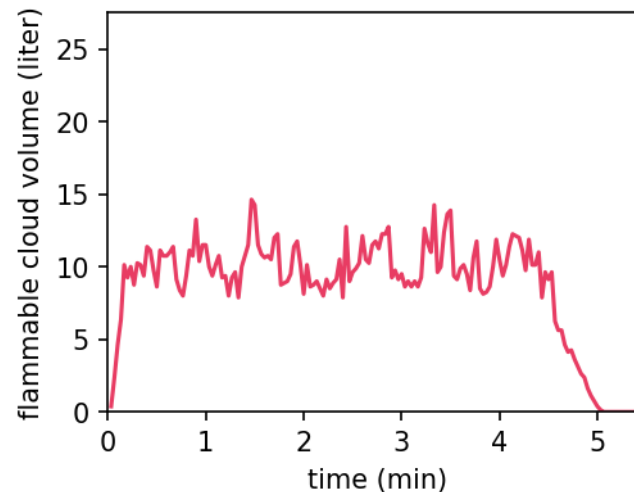
Akkumulering av eksplosiv blanding



Avgassing fra **battericelle**
i et **stort rom** (i hyllen).



Avgassing fra **batteripakke**
i et **stort rom** (i hyllen).



Akkumulering av eksplosiv blanding



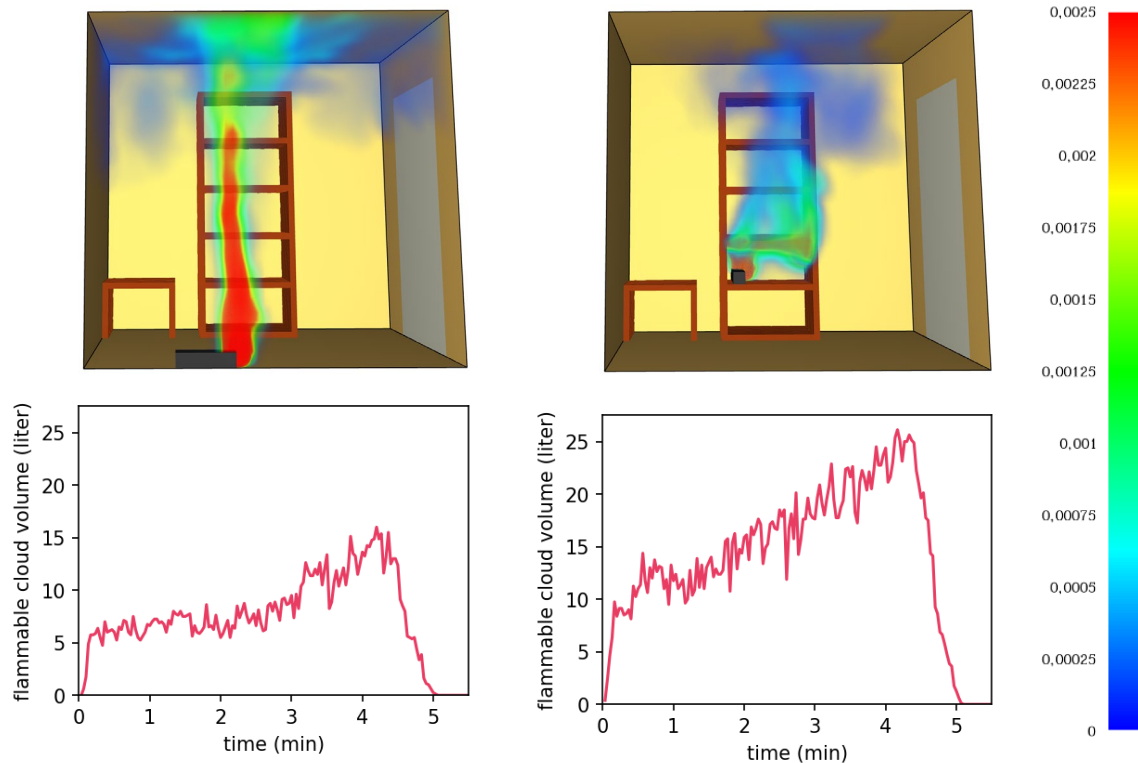
Konklusjon

For avgassing fra en **batteripakke** kan mengden brennbar gassblanding begrenses ved å ha et **stort, godt ventilert rom**.

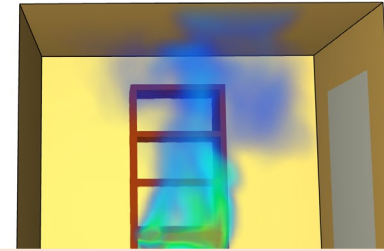
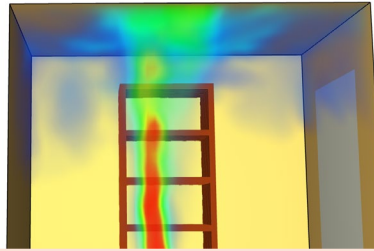
Gassmengden som frigjøres av en **enkel celle** er så liten **at romstørrelse ikke har en signifikant** effekt på mengden brennbar gassblanding.

Lokasjon av batteriet

- 3D bildene viser **molfraksjon av metan** etter 12 sekunder.
- Venstre: avgassing fra **batteripakke på gulvet**.
- Høyre avgassing fra **batteripakke i hylla**.



Lokasjon av batteriet

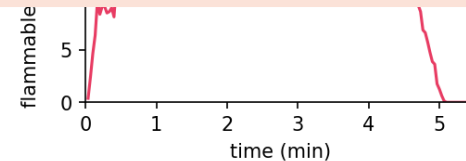
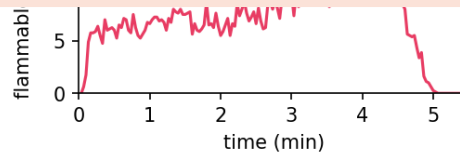


- 3D I
mol
ette
- Ven
batt
gulv
- Høyre avgassing fra
batteripakke i hylla.



Konklusjon

Lokasjonen av batteriet har stor betydning for mengden brennbar gassblanding som kan akkumuleres.





Eksposering for giftige gasser

Ulike grenseverdier

AEGL (access acute exposure guideline levels) i ppm

AEGL-2	10 min	30 min	60 min	4 timer	8 timer
Karbonmonoksid (CO)	420	150	83	33	27
Hydrogenfluorid (HF)	95	34	24	12	12
Hydrogenklorid (HCl)	100	43	22	11	11

AEGL-1: Ubehagelig
AEGL-2: Invalidiserende
AEGL-3: Dødelig

IDLH (immediately dangerous to life or health) i ppm

	IDLH (ppm)
Karbonmonoksid (CO) ¹	1200
Hydrogenfluorid (HF)	30
Hydrogenklorid (HCl)	50



Kvelende og irriterende gasser

- For å ta hensyn til den **variable gasskonsentrasjon over tid** kan standarden ISO 13571:2012 «Life-threatening components of fire» brukes, som inkluderer modeller for beregningen av **grenseverdi for kvelende gasser (fractional effective dose, FED)** og **grenseverdi for irriterende gasser (fractional effective concentration, FEC)**.
- Modellene tar hensyn til **økt pustefrekvens** ved økt CO₂-konsentrasjon.
- Ved en **FED eller FEC verdi på 0,1** vil statistisk sett **1% av den generelle befolkning**, inkludert personer som er spesielt utsatte for skadelige effektene, bli påvirket.

Avgassing fra en batteripakke i gangen

Den **irriterende effekten av avgassingene** (FEC) vil begynne å påvirke personers utholdenhet i rommene før den kvelende effekten (FED).

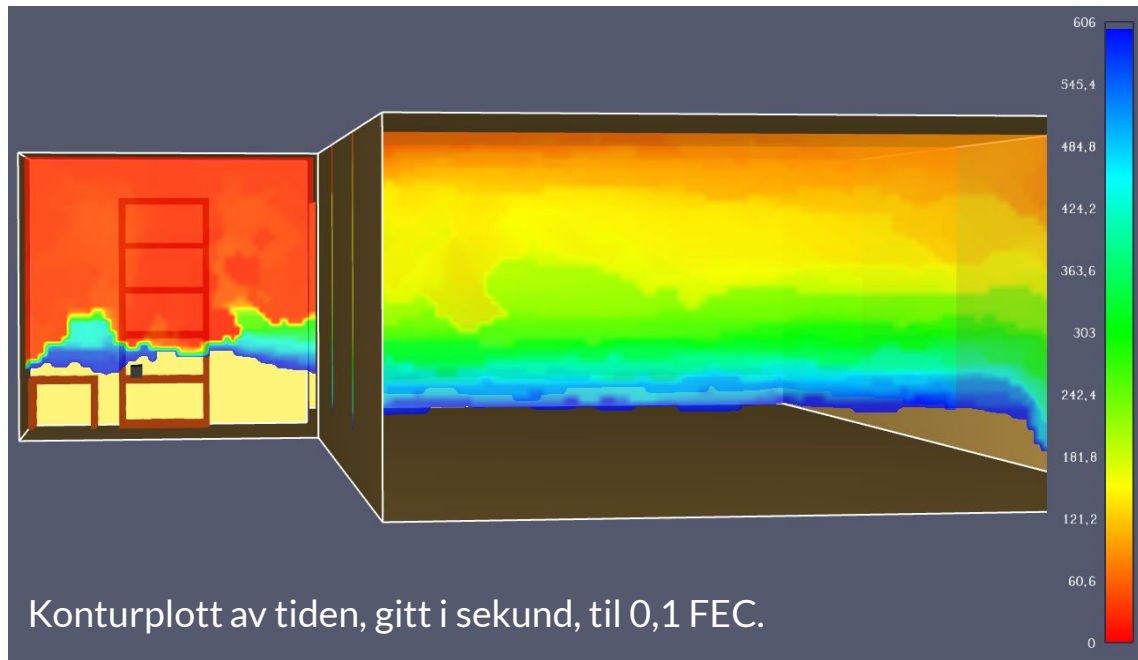
Eksposering for irriterende og kvelende **avgassinger fra en enkel celle er lokalt begrenset** (ikke vist her)



Avgassing fra en batteripakke

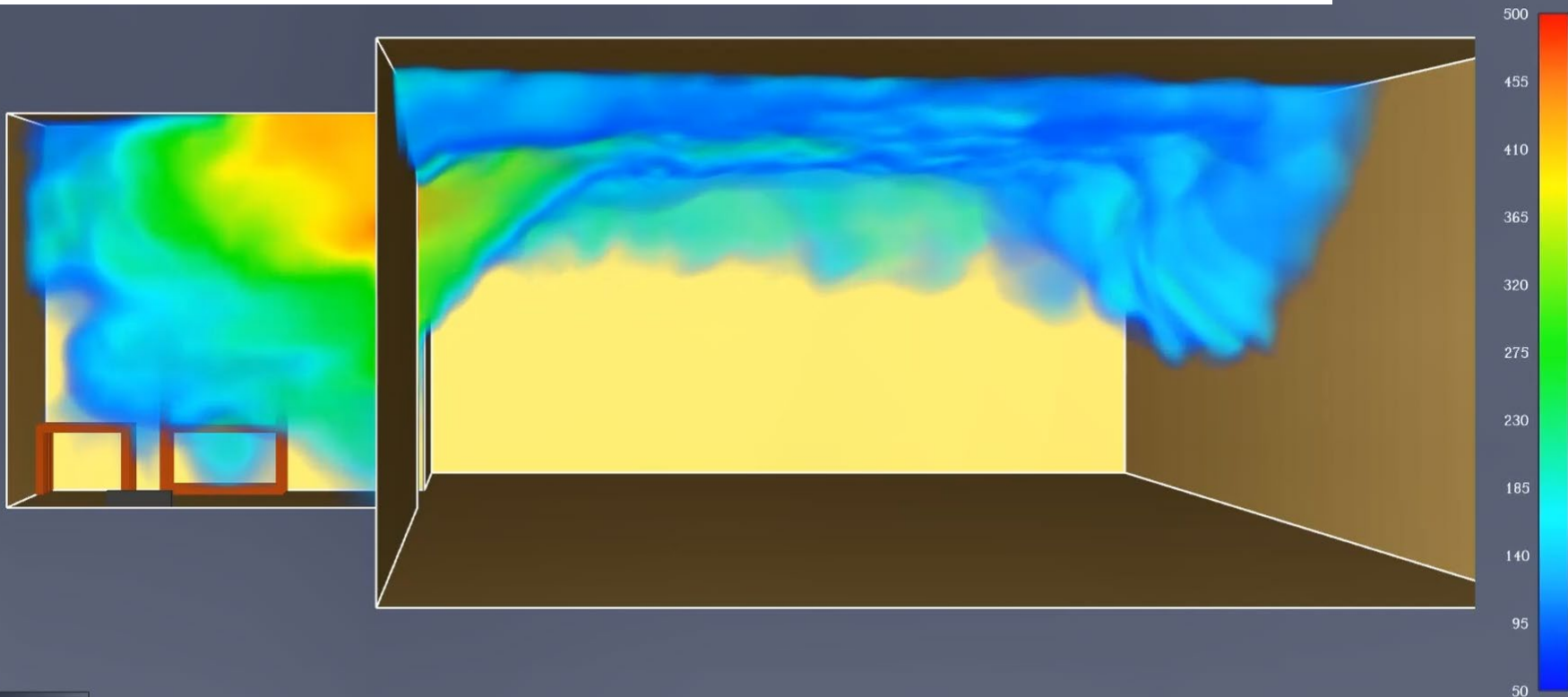
Avgassing fra en batteripakke fører til **redusert evne til å oppholde seg i** et rom på 43,5 m² **etter kun noen minutter.**

Lukkede dører er en viktig barriere for å forhindre at gassene spres seg fort til andre deler av bygninger. Gass-spredning vil øke risikoen for at flere blir eksponert for gassene og for at rømningsveier vil bli blokkert.



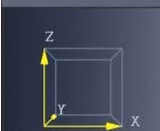
Hydrogenklorid-konsentrasjon over IDLH grenseverdien (50 ppm) for avgassing fra en batteripakke. Døren åpnes etter 5 minutter.

X_HCl
(ppm)

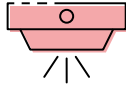


SRC TC: 00:05:24:39

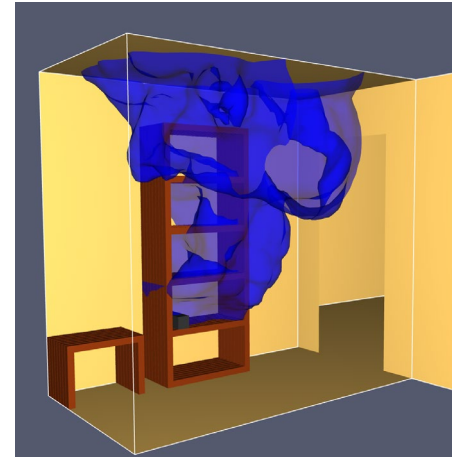
320,9



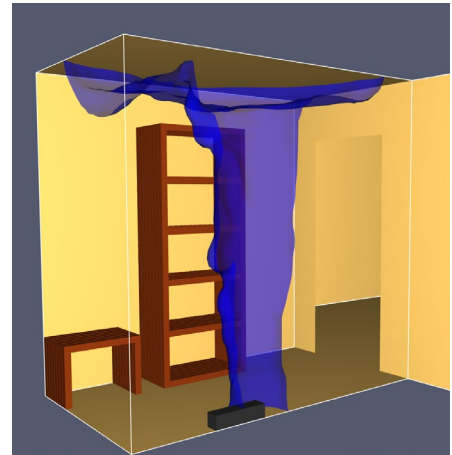
Deteksjon



- Deteksjon antas når mesteparten av takarealet har oppnådd en CO-konsentrasjon på 34 ppm.¹
- **CO-konsentrasjonen** under taket **overstiger 34 ppm raskt** i simuleringene
- Den antatte **deteksjonstiden er lik for battericelle og pakke** og uavhengig om døren er åpen eller lukket.



34 ppm CO-konsentrasjonen etter 8 s



34 ppm CO-konsentrasjonen etter 12 s

¹) C. Sesseng, et al., "Røykvarslere for bruk i bolig - Kartlegging av forskningsfront," SINTEF NBL as, Trondheim, NBL A12136, Dec. 2012.



Konklusjoner



Økning i antall elsykler, elsparkesykler osv. vil sannsynligvis føre til **økning i batterihendelser**. Spesielt bekymringsverdig når batteriene oppbevares i oppholdsrom (f.eks. soverom).



Avgassinger inneholder både **brannbare og giftige** komponenter. Ulike studier viser **betydelig variasjon i sammensetningen av gasser**.



I simuleringene ble opp til 26 liter brennbar gass akkumulert. **Romstørrelse, batterilokasjon og ventilasjon er viktig** for å begrense eksplosjonsrisikoen.



Studien tyder på at en avgassinger fra et elsykkelbatteripakke kan føre til **redusert evne til å oppholde seg i et rom på 43,5 m² etter kun noen minutter**. Den **irriterende effekten av avgassingene** vil begynne å påvirke personers utholdenhet i rommene før den kvelende effekten.



Kombinasjonsdetektorer som også reagerer på CO anbefales.

Christoph Meraner

christoph.meraner@risefr.no

Full rapport vil bli publisert: <https://risefr.no/publikasjoner>