

Inleiding Li-ion Batterijen

Henk Brans

onderzoeker-adviseur veilige energietransitie

20 maart 2025

Symposium: Een batterij aan nieuwe risico's?

Gevaren van lithium-ion batterijen op de werkvloer

Nederlandse Vereniging voor Toxicologie

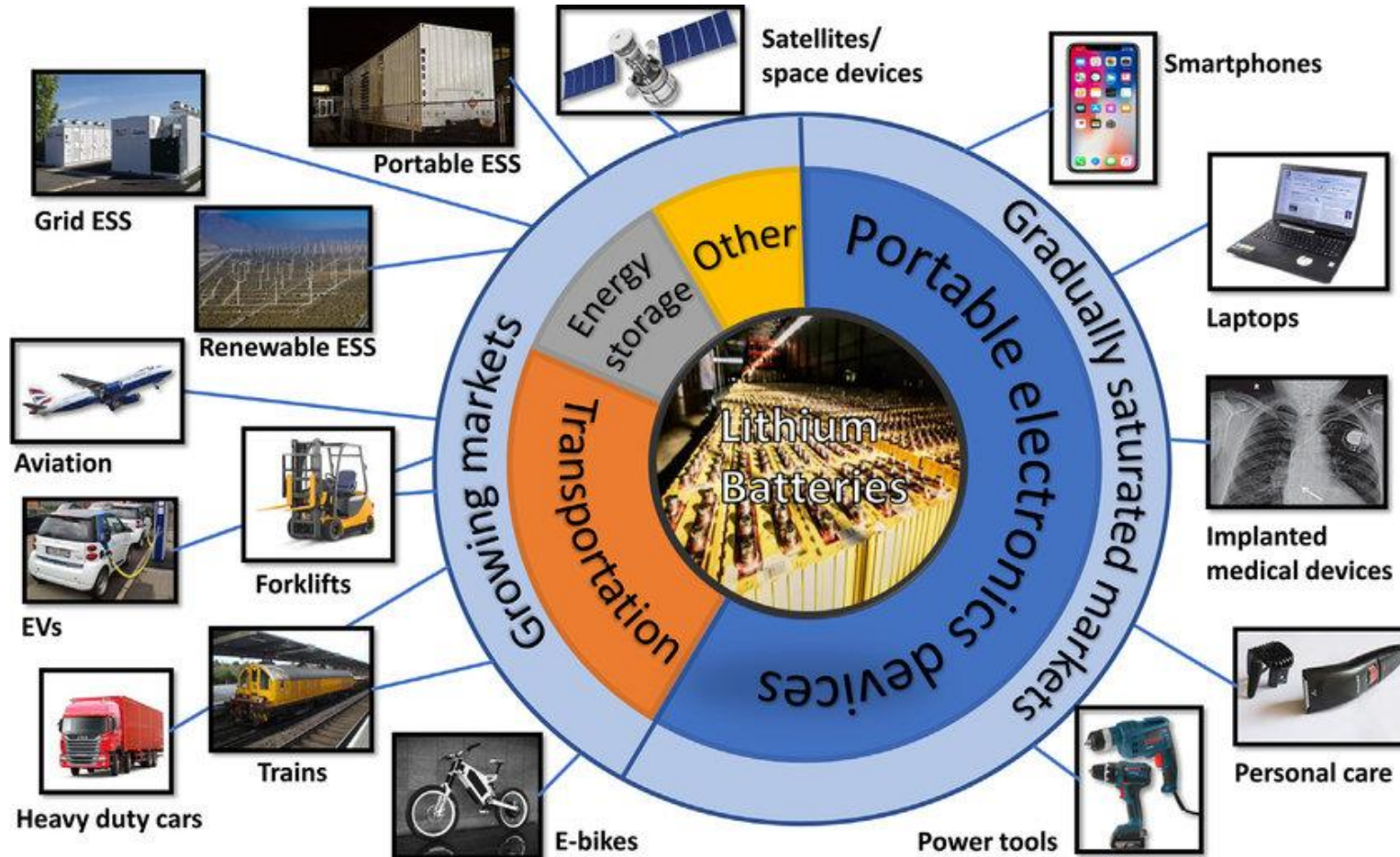
Contactgroep Gezondheid en Chemie

Incident op TU Delft campus

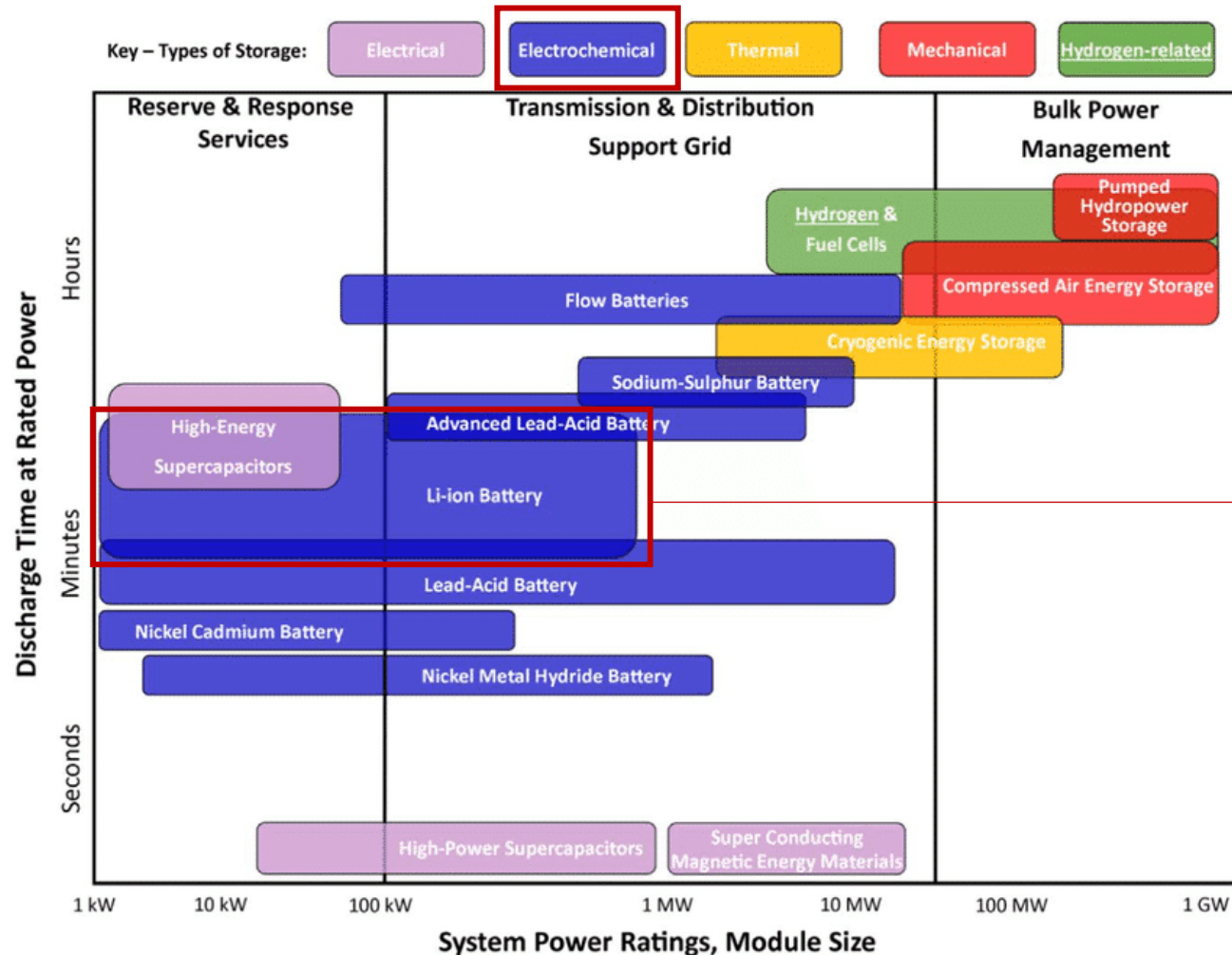
- ▶ Onverwachts (elektrisch) falen van batterijcel in werkopstelling
- ▶ Geen gewonden dankzij gedegen barrière (werkkast) en adequaat handelen.



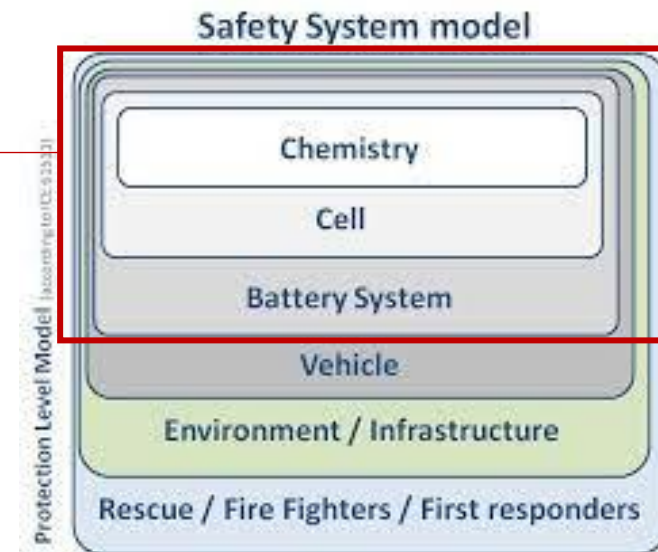
Li-ion batterijen komen overal voor

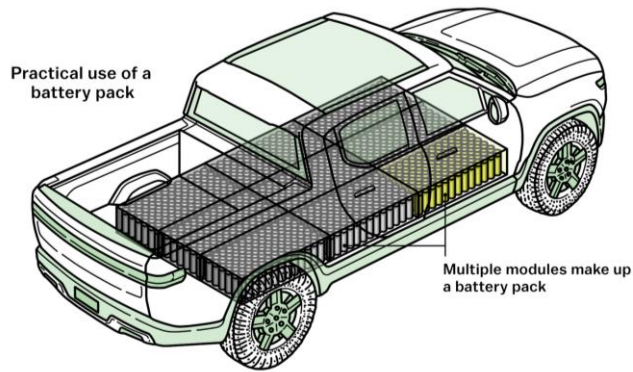


Li-ion batterijen zijn een vorm van energieopslag

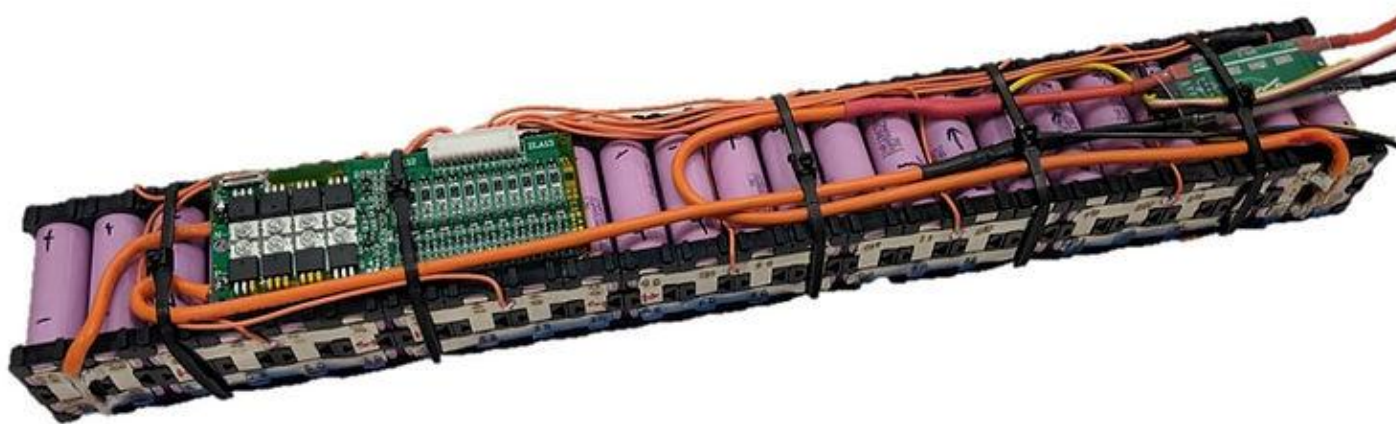
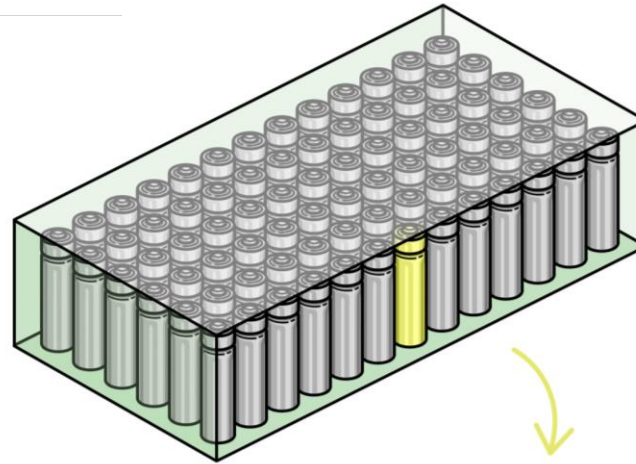


Scope van deze inleidende presentatie





Module of lithium-ion batteries



Form factors

Prismatic cell

- High mechanical stability
- High packing density
- Lower energy density than pouch
- Used in phones



Cylindrical cell

- High mechanical stability
- Generally lower cost
- Most commonly available
- Used in power tools/EVs



18650 - 18 mm diameter,
65 mm long

Pouch cell

- Low mechanical stability
- High packing density
- High packing density
- Used in drones



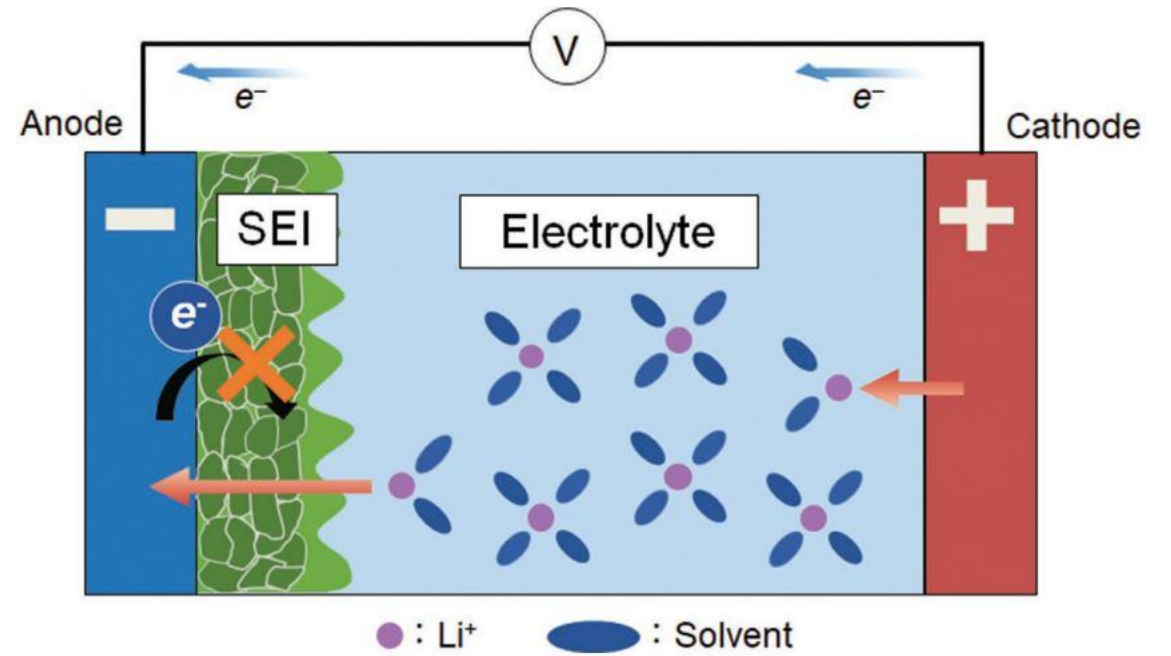
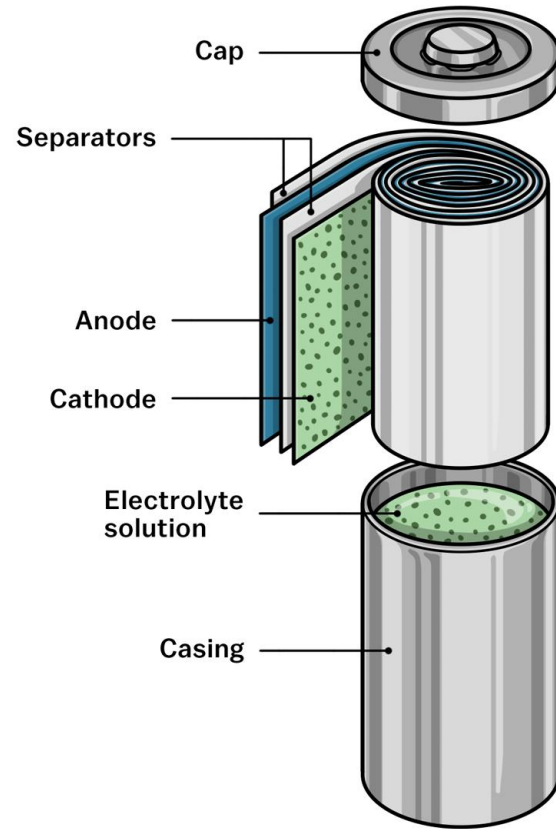
Naast cilindrische batterijcellen, zijn er ook prismatische en pouch batterijcellen.



Cilindrische
batterijcel

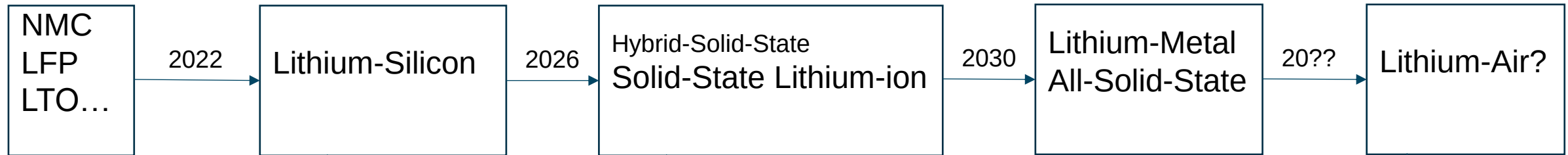


Lithium-ion battery



(Nieuwe) Li-ion subtypes

- Verschillende **materialen** voor anode, kathode en elektrolyt maken verschillende subtypen Li-ion batterijen.



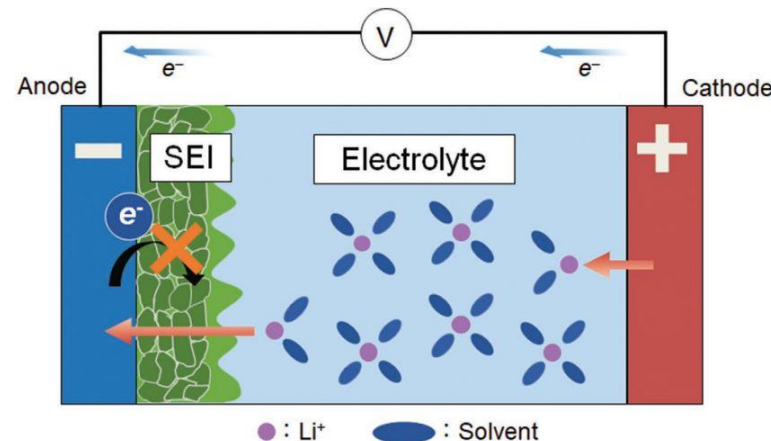
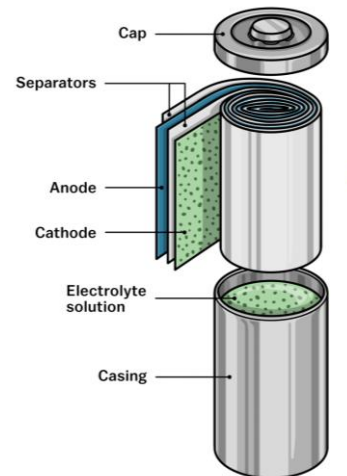
Various cathode materials, but same materials for anode and electrolyte.

New material for the anode: Silicon

Introduction of Solid-State Electrolyte

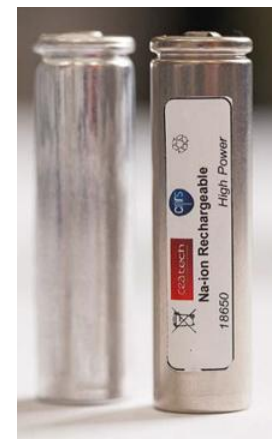
Optimal material for the anode: pure lithium metal

Theoretical optimum

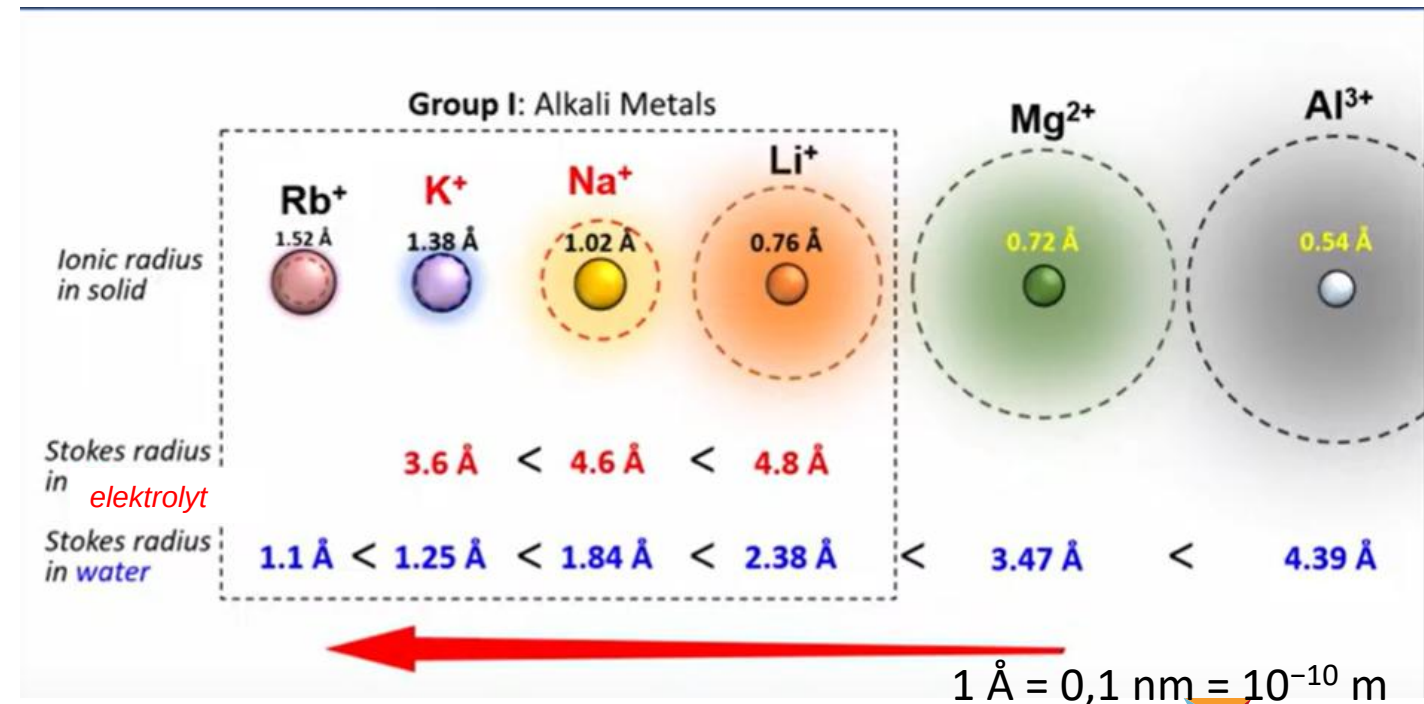


“Beyond” Li-ion

- ▶ Lithium-ion: innovaties richting **solid-state Li-ion** en nieuwe materialen met **hogere energiedichtheid**
- ▶ → Natrium-ion (*Sodium-ion*): eerste subtypen in productie
- ▶ → Kalium-ion (*Potassium-ion*): eerste materialen in ontwikkeling
- ▶ Werkingsprincipe en systeemopbouw zijn **gelijk** bij Li-ion, Na-ion en K-ion; alleen de werkzame (microscopische) deeltjes zijn anders.



Na-ion batterijcel en module



Verder lezen?



<https://nipv.nl/nieuws/batterijen-van-de-toekomst-en-veiligheid/>

Drie hoofdcategorieën nieuwe batterijtypen:

- **Lithium-ion (nieuwe generaties)**
- Sodium-ion
- Redox-Flow

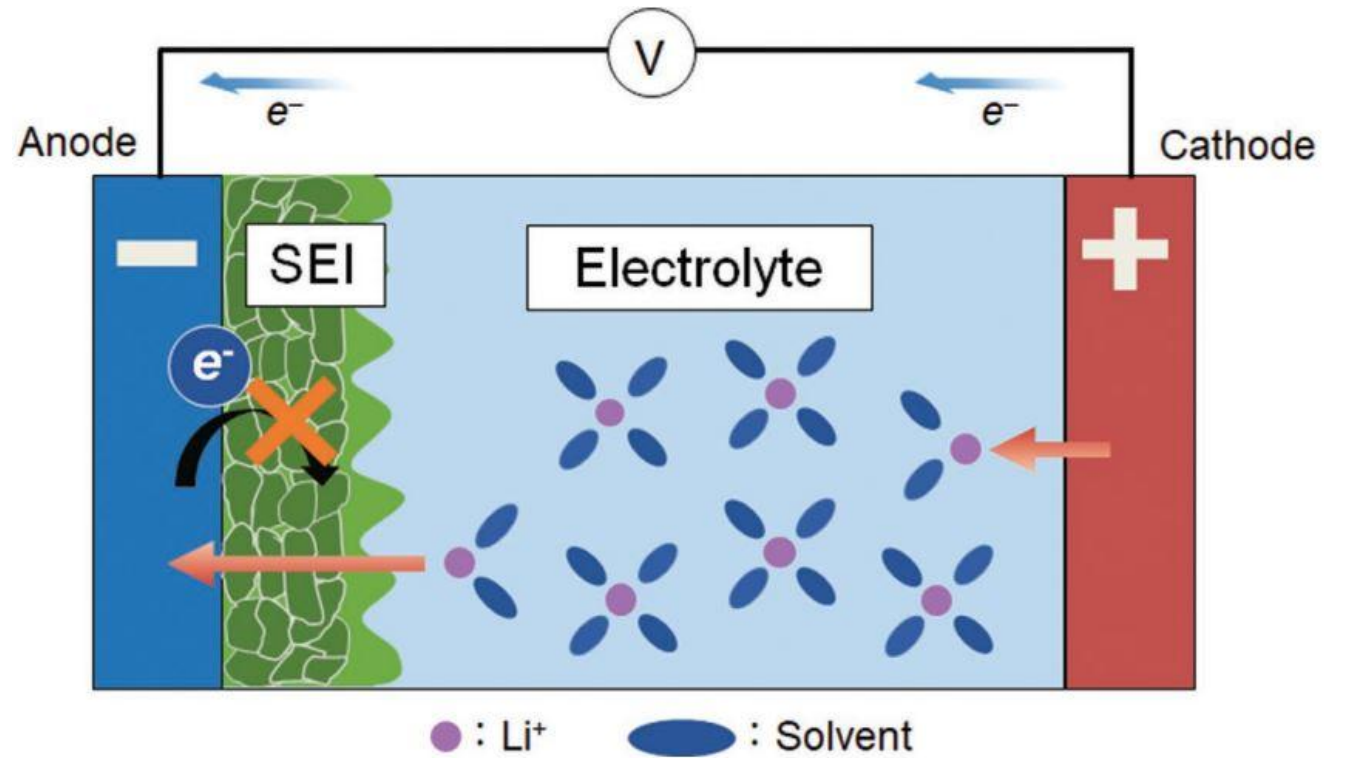
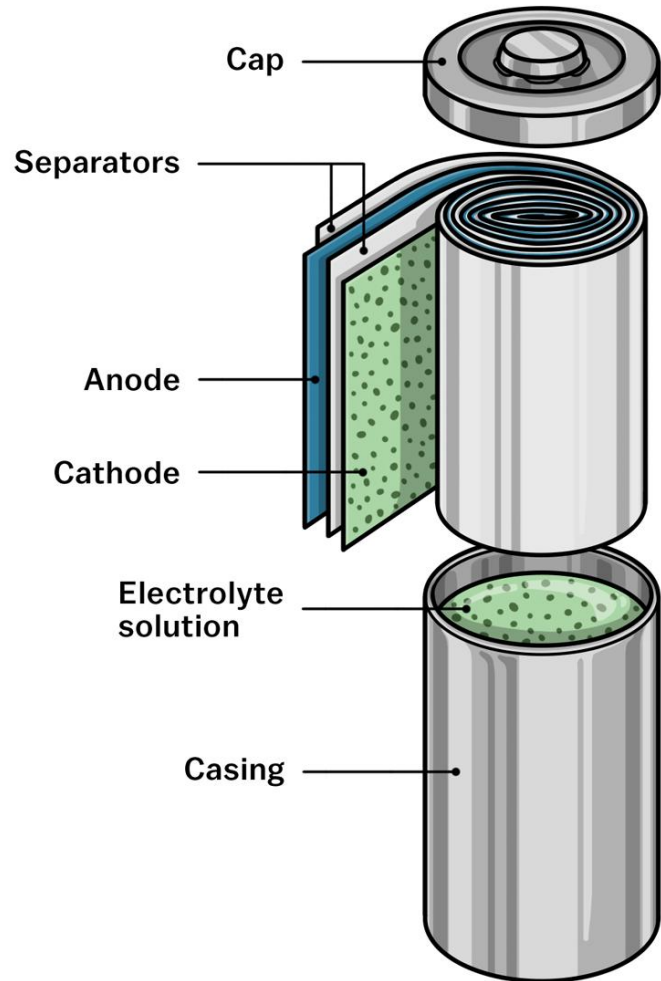


Conclusie: Veiligheidsrisico's blijven bestaan bij alle onderzochte nieuwe batterijtypen.

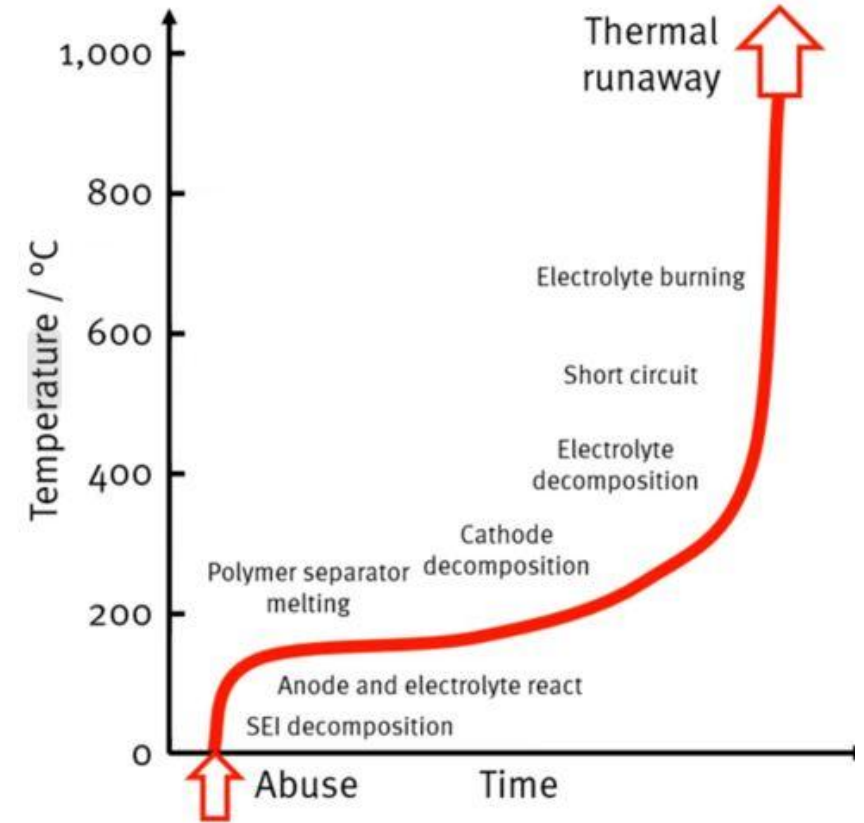
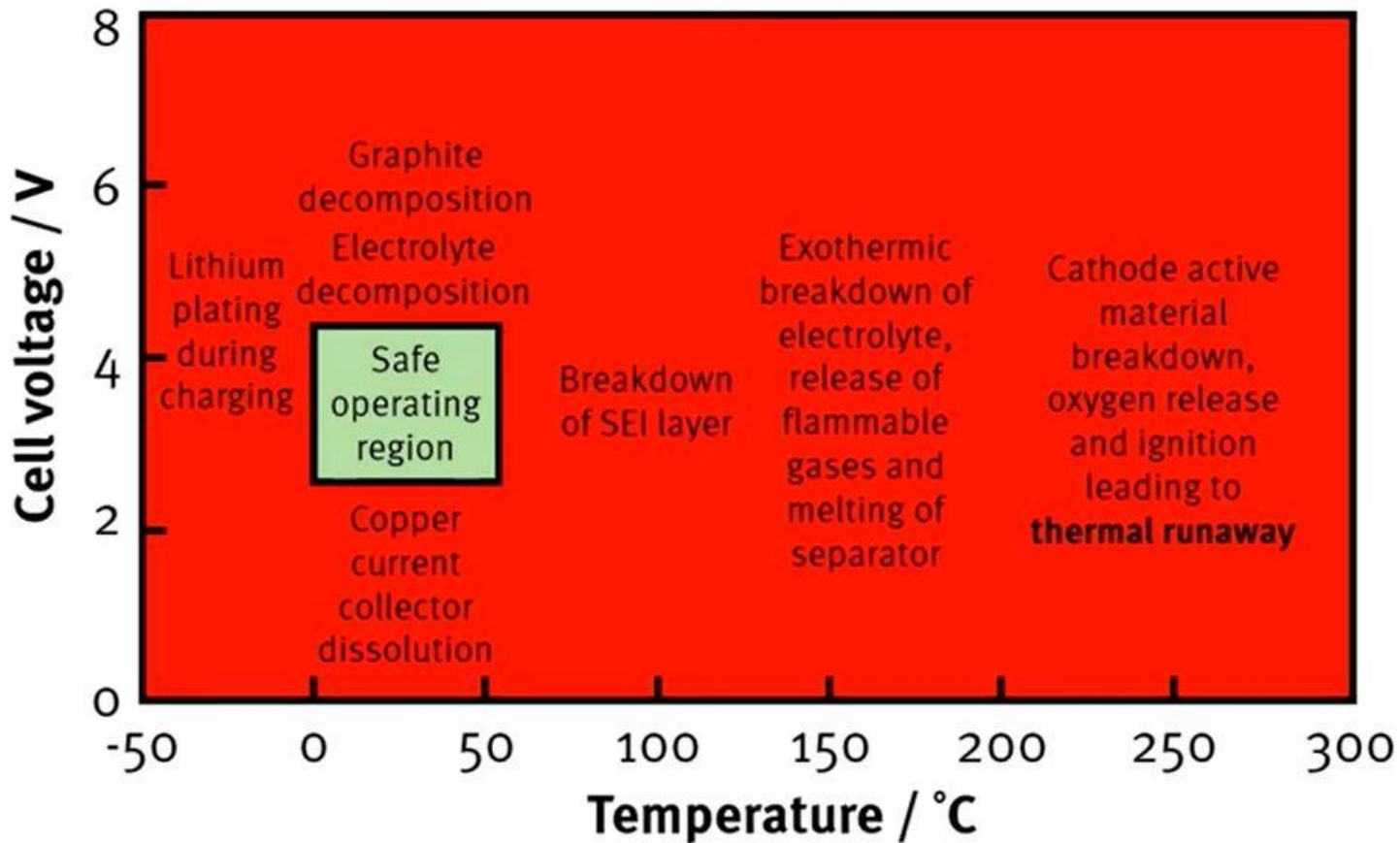
Thermal Runaway: Het intrinsieke veiligheidsprobleem van Lithium-ion batterijen

„Het gevaar bij batterijen is anders en complex van aard. En daarvan zijn mensen vaak nog slecht op de hoogte.”

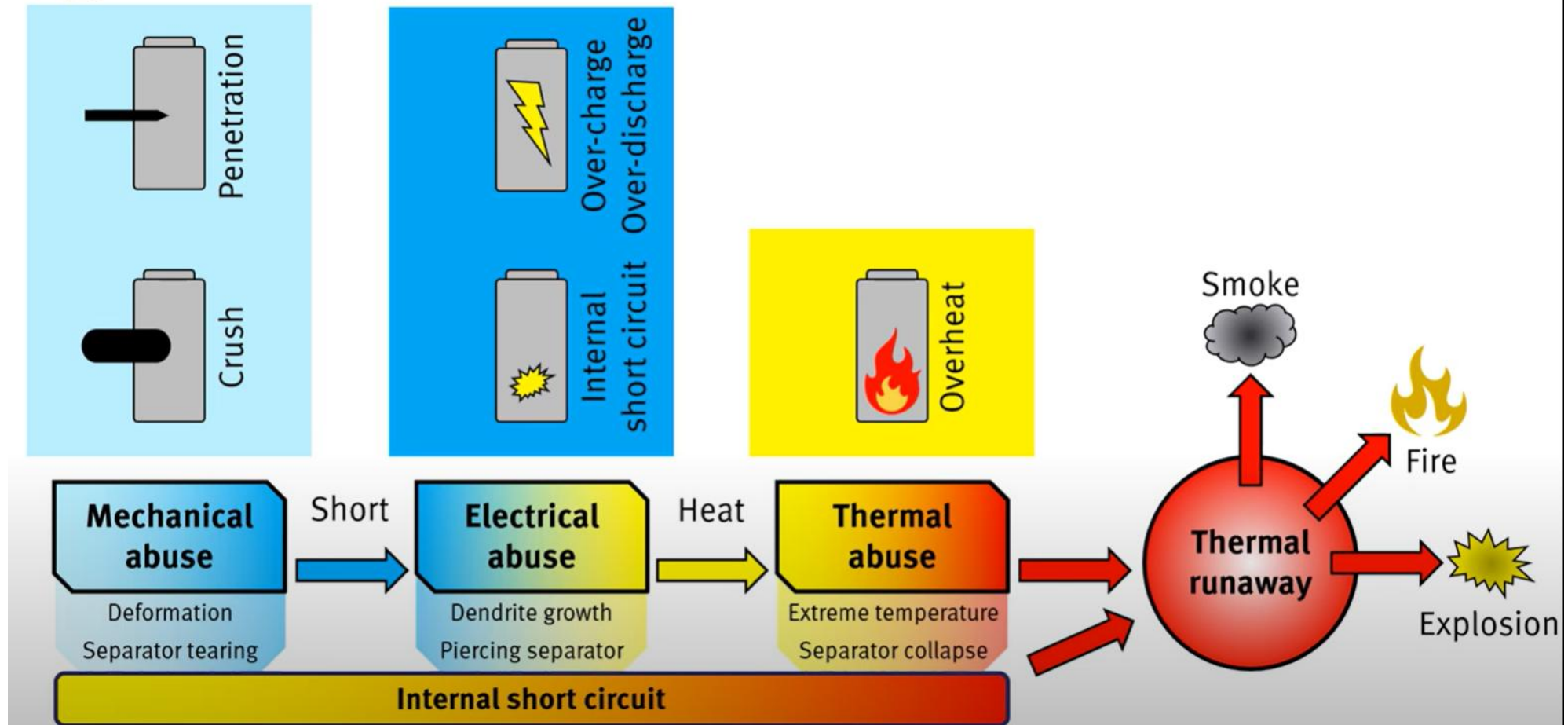
Lithium-ion battery



Safe Operating Region



Types of battery abuse



Thermal Runaway

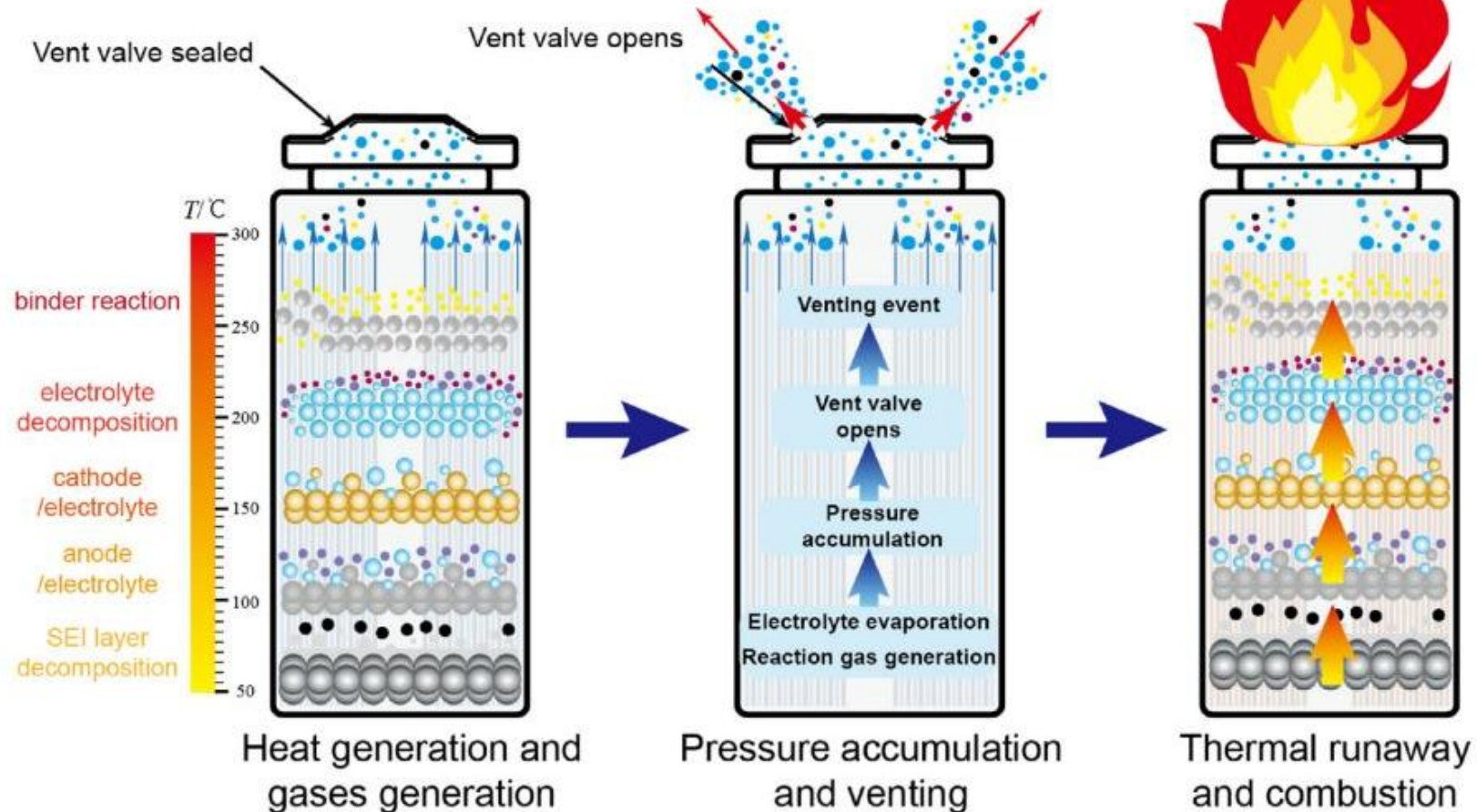
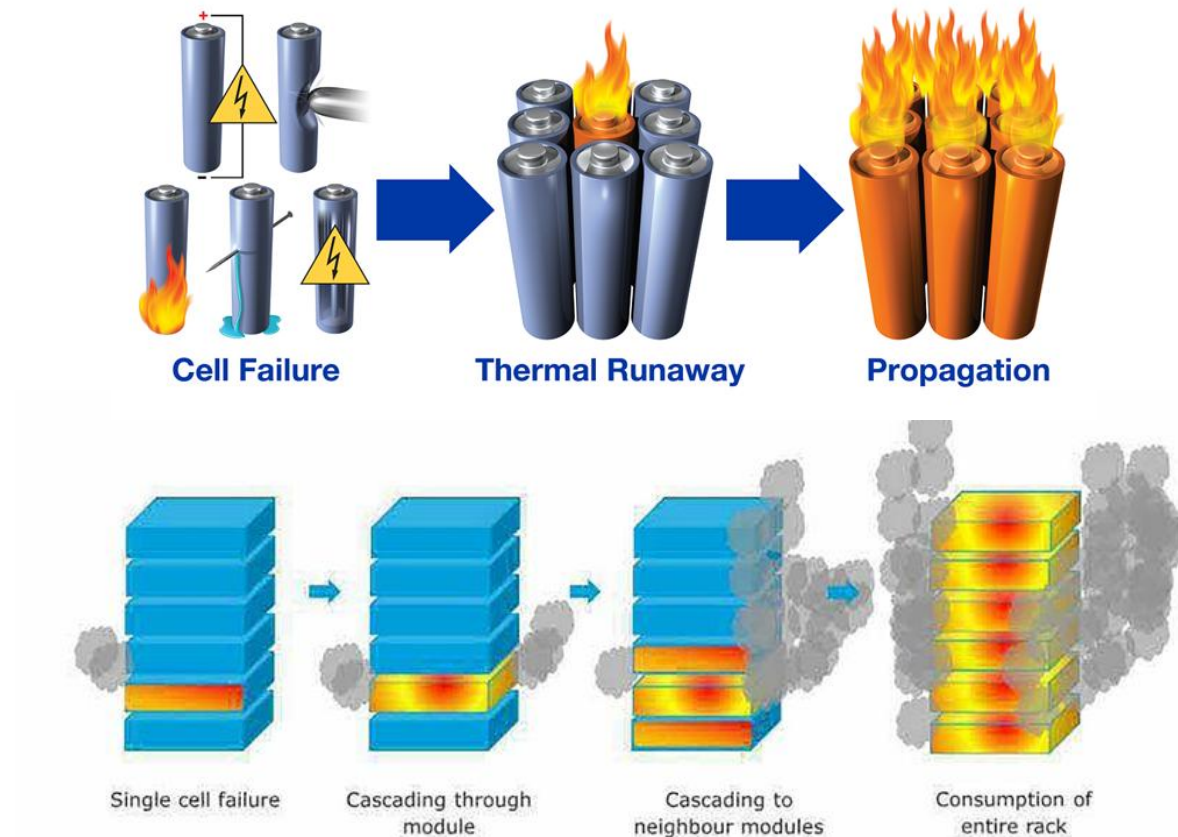


Fig. 1. Schematic of mechanism of the venting, combustion and thermal runaway for the NCA cell under thermal abuse.

Thermische Propagatie

- ▶ Door thermische propagatie (het aanstralen van naburige batterijcellen) raken deze opeenvolgend ook in thermal runaway.



State of Charge

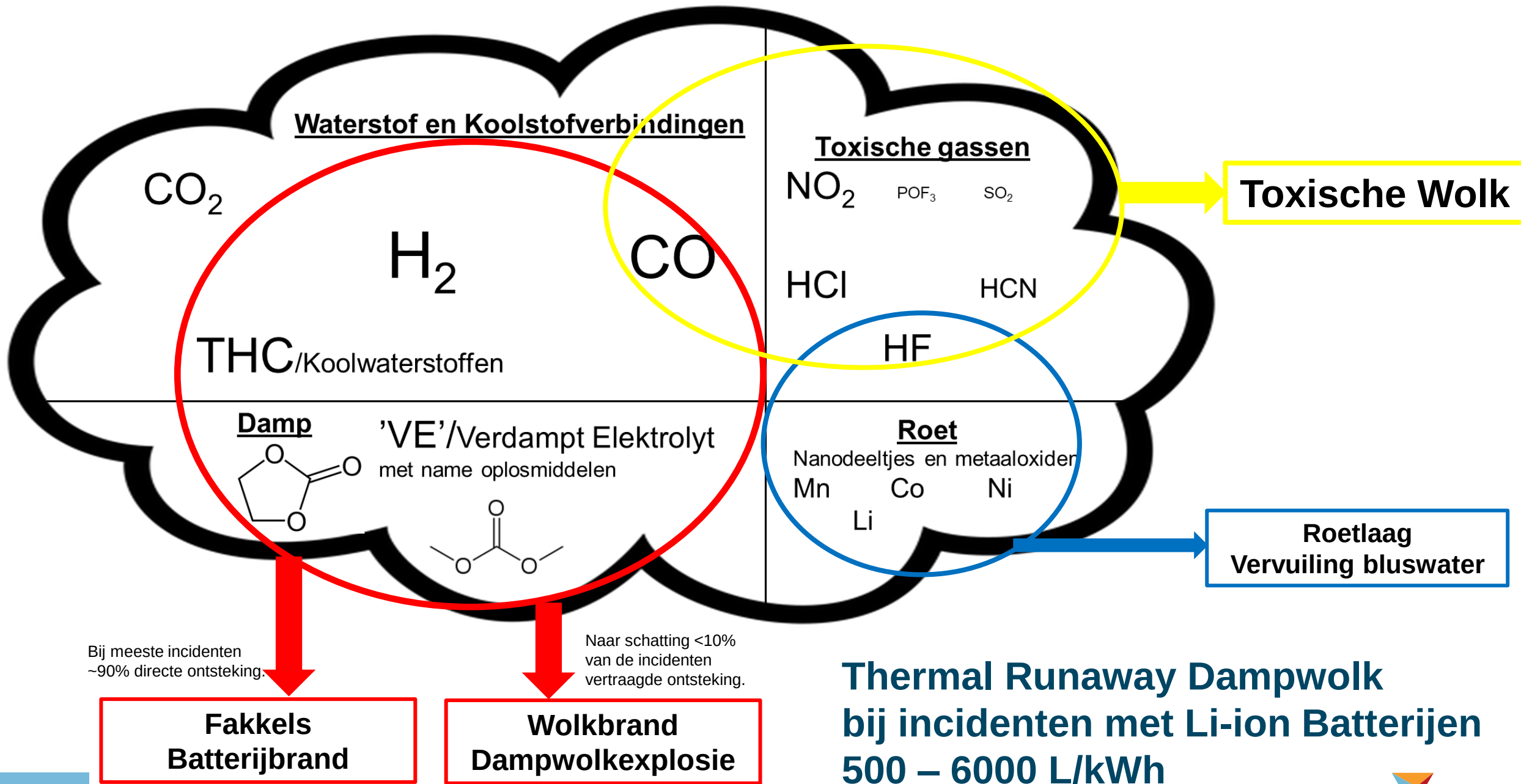
- ▶ Onder de 30% SoC in het algemeen geen zelfontsteking (self-ignition).



WUSSTEN SIE, dass die
BRANDGEFAHR von
LITHIUM-IONEN-AKKUS vom
LADEZUSTAND abhängt?

Effecten Thermal Runaway

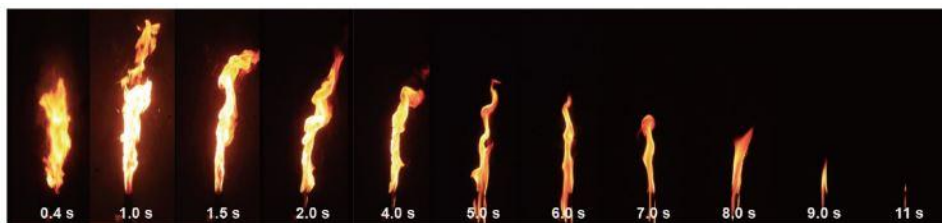
„Elke omgeving (fietsenstalling, school, kantoor, fietsenmaker, bezorgbedrijf, hoogbouw) is weer anders ingericht. Zeker in een inpandige ruimte waar de toxische en brandbare gassen zich kunnen ophopen en de brand niet te blussen is, kunnen de effecten ernstig zijn. Er zijn op deze manier in het buitenland al meerdere doden te betreuren geweest.”



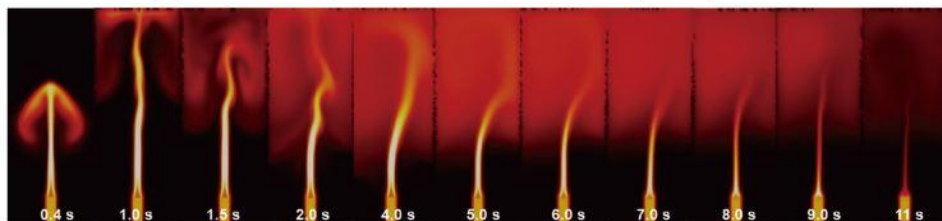
Batterijbrand

Kenmerken:

- ▶ Sissen en poppen van batterijcellen
- ▶ Herhaaldelijke onverwachte **fakkels** met tussenpozen
- ▶ Moeilijk bestrijdbaar
- ▶ Langdurig



(a) Evolution of the jet fire for the cell with 75% SOC captured by camera

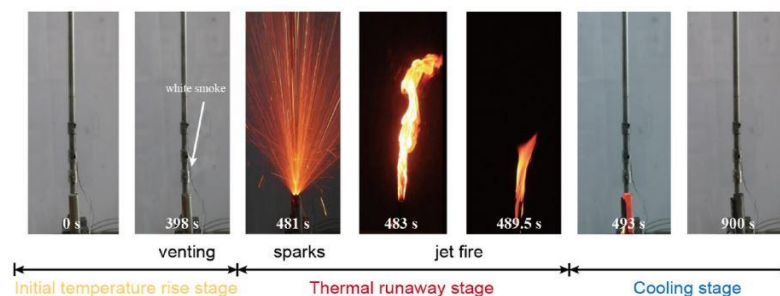


(b) Evolution of the jet fire for the cell with 75% SOC from simulation results

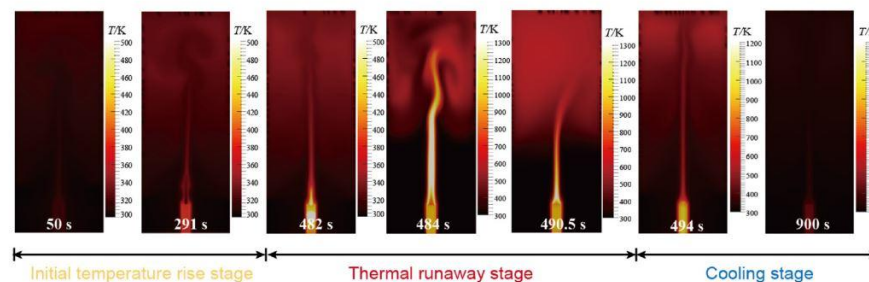


ing, G. Wang, P. Ping et al.

eTransportation 12 (2022) 100157



(a) Experiment results of the overall evolution for the cell under thermal abuse



(b) Simulation results of the overall evolution for the cell under thermal abuse

Filipino family of 5 killed in massive fire from overcharged electric bike

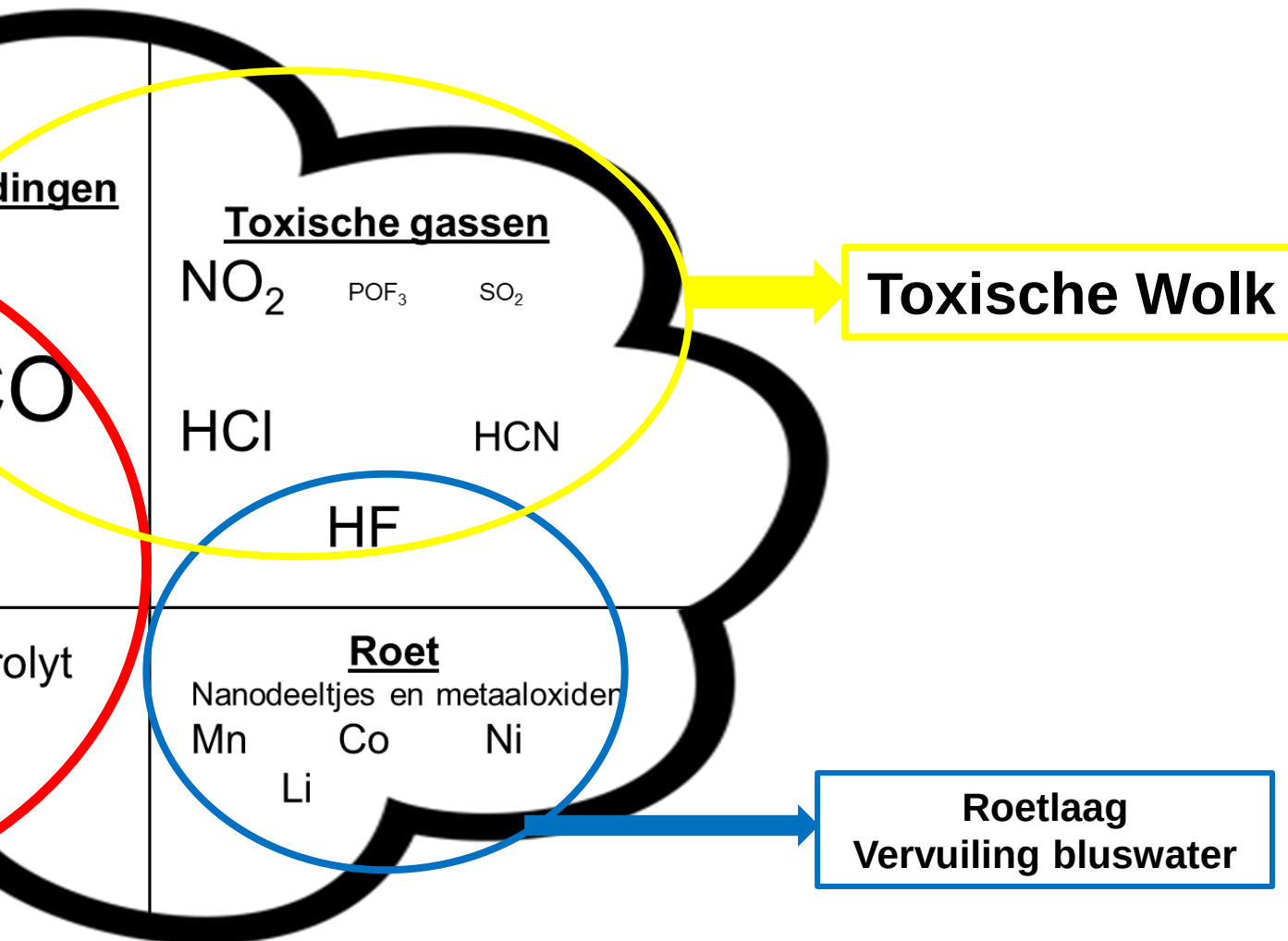


Dampwolkeexplosie

- Bij vertraagde ontsteking van opgehoopte brandbare gassen.



Toxische Wolk



Tabel 2: Indicatie toxische gassen bij een 750 L/kWh gaswolk (op basis van: DNV, 2019)

Product		Maximum vol%	L/kWh	L per 25 kWh batterijmodule	L gehele buurtbatterij 500 kWh	IDLH (ppm)
CO	Koolmonoxide	38,1%	286	7144	1333501	1200
HF	Waterstoffluoride	3,7%	28	694	13875	30
NO ₂	Stikstofdioxide	9,7%	73	1819	36375	20
HCL	Waterstofchloride	9,7%	73	1819	36375	50
HCN	Waterstofcyanide	0,7%	5	131	2625	50

38 people with respiratory symptoms due to **Toxic Cloud** from battery fire electric scooter in New York apartment



Roet en Vervuiling bluswater, verhoogde pH

- ▶ Experiment 32 kWh NMC-batterijmodule, overgebleven roetlaag overgebleven van rond de 20 g/m²:
 - ▶ 18-20 massa% nikkel-, mangaan- en kobaltoxiden;
 - ▶ 4 massa% lithiumoxide;
 - ▶ 2,5 massa% fluoriden.
- ▶ Gevormde metaaloxiden hebben een alkalische werking en verhogen de pH-graad.
- ▶ Praktijkmetingen:
 - ▶ pH van 14 gemeten in vervuild bluswater direct rondom uitgebrande module (Liverpool)
 - ▶ pH van 12 gemeten op bluspakken brandweerlieden (België)
 - ▶ Chemische brandwonden gemeld (Tsjechië)

Table 13

Comparison of contamination of sprinkling and storage water with limit and background levels.

Contaminant/ Parameter	Unit	Sprinkling water	Storage water	Process water	Drinking water limit values ⁽¹⁾	Industrial effluent limit value ⁽²⁾
pH value	-	8.2	12.3	8	6.8 - 8.2	6.5 - 9.0
Chloride		2	22	3	250	n.s.
Sulphate	mg/l	34	98	2	250	n.s.
Nitrate		2	< 1	< 1	40	n.s.
Phosphate		< 1	< 1	< 1	1	n.s.
Fluoride		8	330	< 1	1.5	n.s.
PAH ^(c)		0.001 ^(a)	0.02 ^(a)	0.001 ^(a)	0.1	n.s.
		0.36 ^(b)	0.02 ^(b)	< 0.001 ^(b)		
Benzo[a]pyrene		< 0.001 ^(a)	0.004 ^(a)	< 0.001 ^(a)	0.01	n.s.
		0.07 ^(b)	0.01 ^(b)	< 0.001 ^(b)		
Nickel	µg/l	36000 ^(a)	55000 ^(a)	< 700	20	2000
		48400 ^(b)	181000 ^(b)			
Cobalt		36000 ^(a)	50000 ^(a)	< 400	n.s. (≤ 70)	500
		46000 ^(b)	181000 ^(b)			
Manganese		36000 ^(a)	53000 ^(a)	< 1300	50	n.s.
		44000 ^(b)	199000 ^(b)			
Lithium		7000 ^(a)	1460000 ^(a)	< 1300	n.s. (≤ 40)	n.s.
		2200 ^(b)	31000 ^(b)			

^(a) Content, dissolved/ ^(b) Content, particle-bound/ ^(c) Sum of Benzo[b]fluoranthene, Benzo[k]fluoranthene, Benzo[ghi]perylene, Indeno[1,2,3-cd]pyrene

⁽¹⁾ Limit values for drinking water in Switzerland in accordance with the Decree of the Swiss Federal Department of Home Affairs (EDI) regarding the water and drinking water in baths and shower facilities that are accessible to the public (TBDV, 2016)

⁽²⁾ Discharge limit values for industrial effluent into Swiss sewage system in accordance with the Swiss Waters Protection Ordinance (GSchV) (2014)

n.s. = not specified

Color code key for the table:

green = lower than limit value for drinking water

yellow = up to 10x over the limit value for drinking water

orange = 50x to 200x over the limit value for drinking water

red = > 500x over the limit value for drinking water

Zie ook incidentscenario's op <https://scenarioboeken.nipv.nl/>

Go to: Scenarioboek Energietransitie -> Filter Energie-opwekking/-opslag

Li-ion Buurtbatterij in kelder



Li-ion Thuisbatterij in woning



Opslag met Li-ion batterijen



Samenvatting

Thermal runaway is een intrinsiek veiligheidsprobleem van alle Li-ion batterijen.

Drie mogelijke effecten bij een thermal runaway:

- Batterijbrand met Fakkels
- Dampwolkexplosie
- Toxische Wolk

Incidenten zijn complex van aard en lastig te bestrijden.

- <https://www.linkedin.com/in/henkbrans/>

