

LITHIUM ION BATTERIES

NNV Symposium Energie en Klimaat, Utrecht 20 September 2019 | Wim Soppe



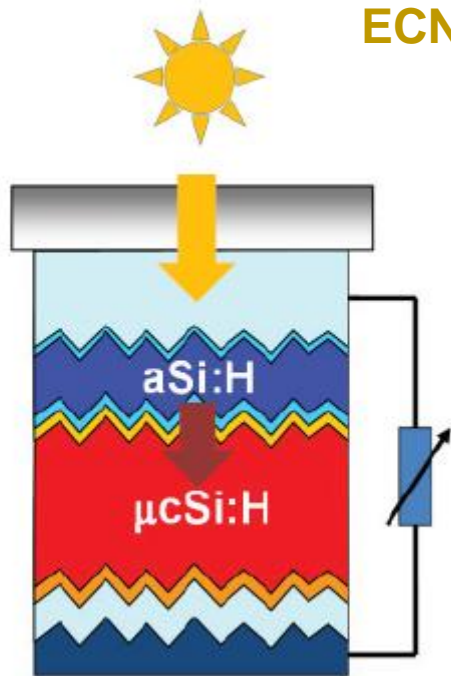
ECN

TNO

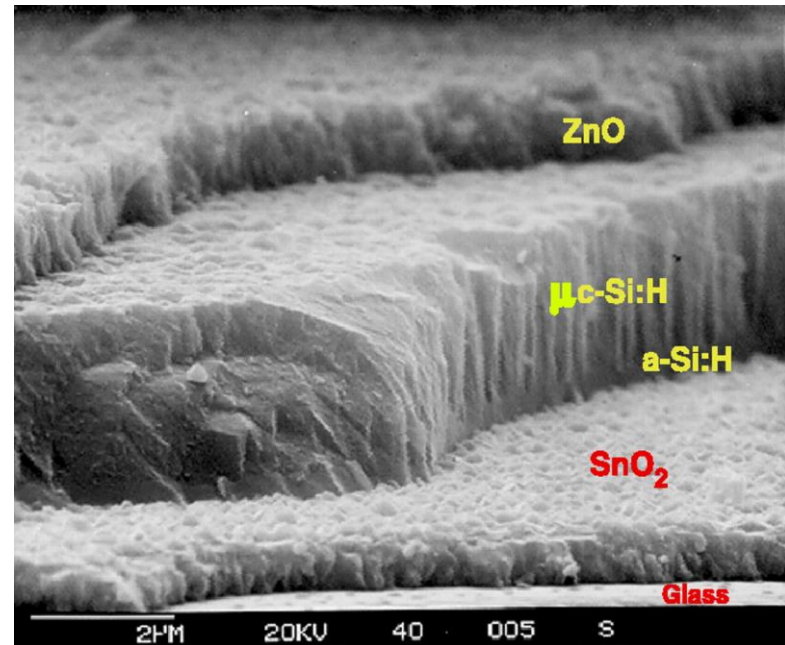
innovation
for life

SILICIUM ALS ANODE MATERIAAL IN LITHIUM ION BATTERIJEN

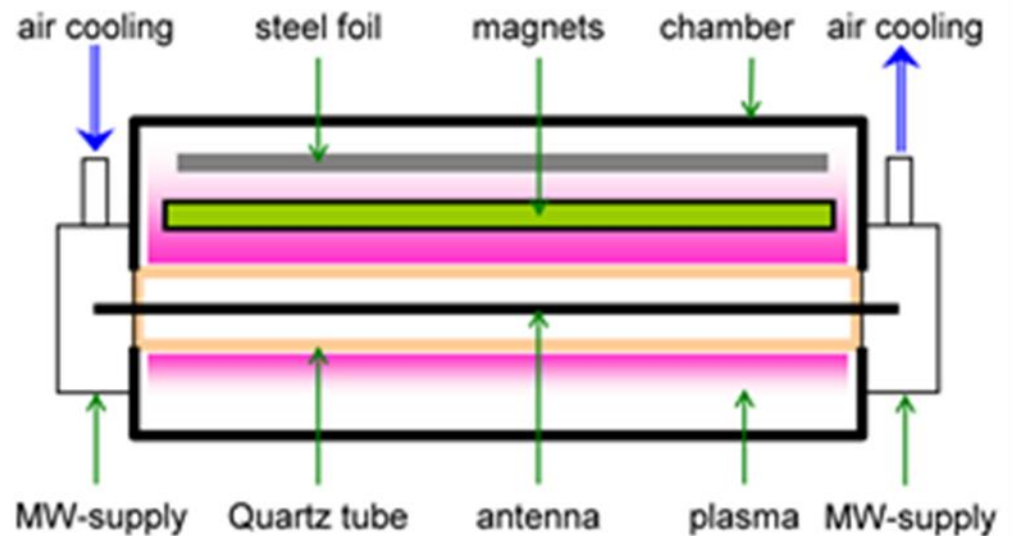
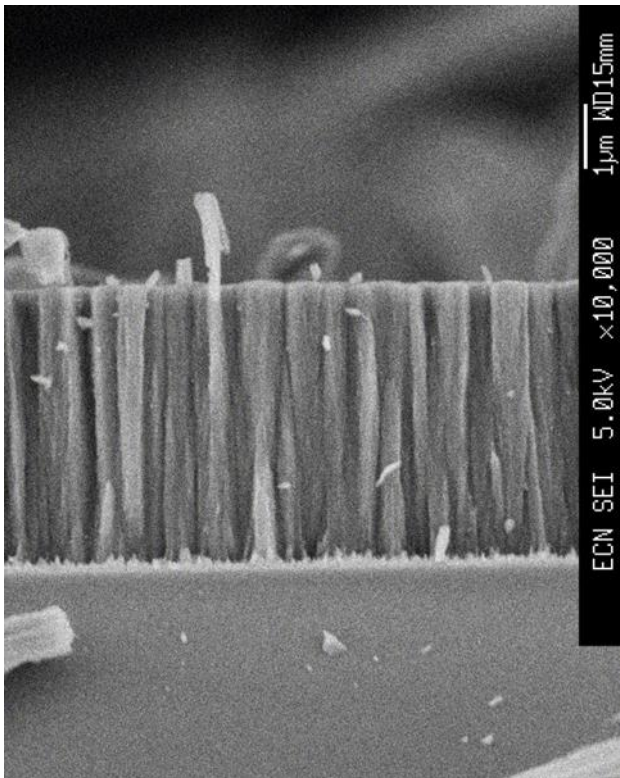
ECN zonnecel onderzoek rond 2010:



thin film Si tandem solar cells



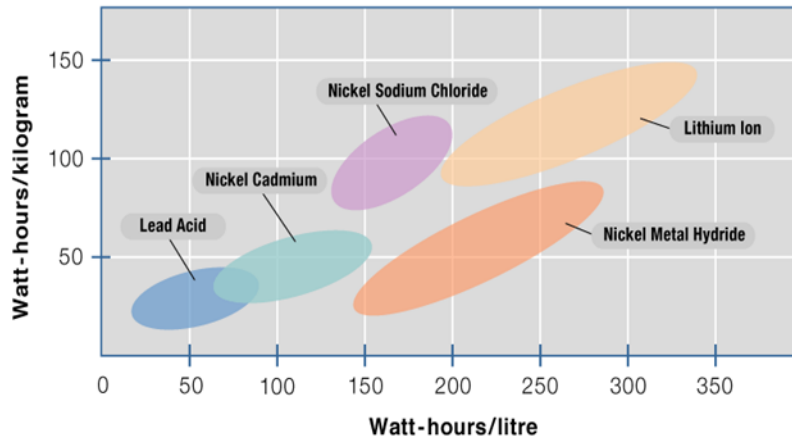
SILICIUM MET COLUMNNAIRE STRUCTUUR EN HOGE POROSITEIT



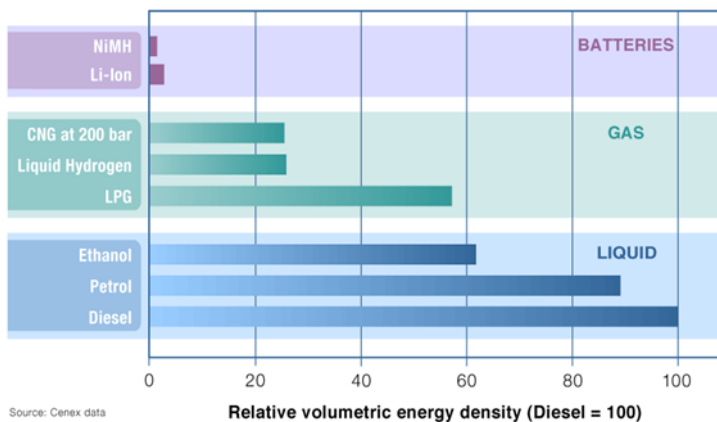
microgolf PECVD

WAAROM SILICIUM IN LI-ION BATTERIJEN?

Energie dichtheid!



Lithium ion batterijen doen het redelijk....

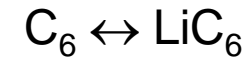


Maar in vergelijking met andere energiedragers is er nog veel te winnen!

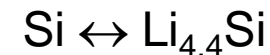
POTENTIE SILICIUM ALS ANODE MATERIAAL

Silicium heeft een 10 voudige opslag capaciteit tov grafiet

Graphite energy density: 372 mA h/g

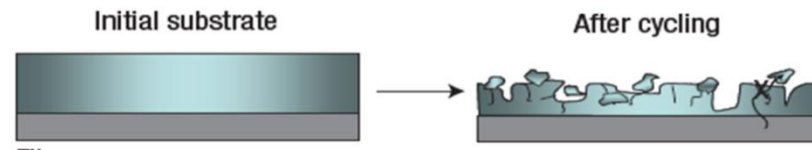


Silicon energy density: 4200 mA h/g

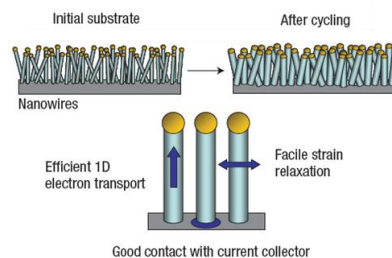


maar....

verpulvert als het als het in dichte structuur wordt toegepast vanwege volume expansie (300%)



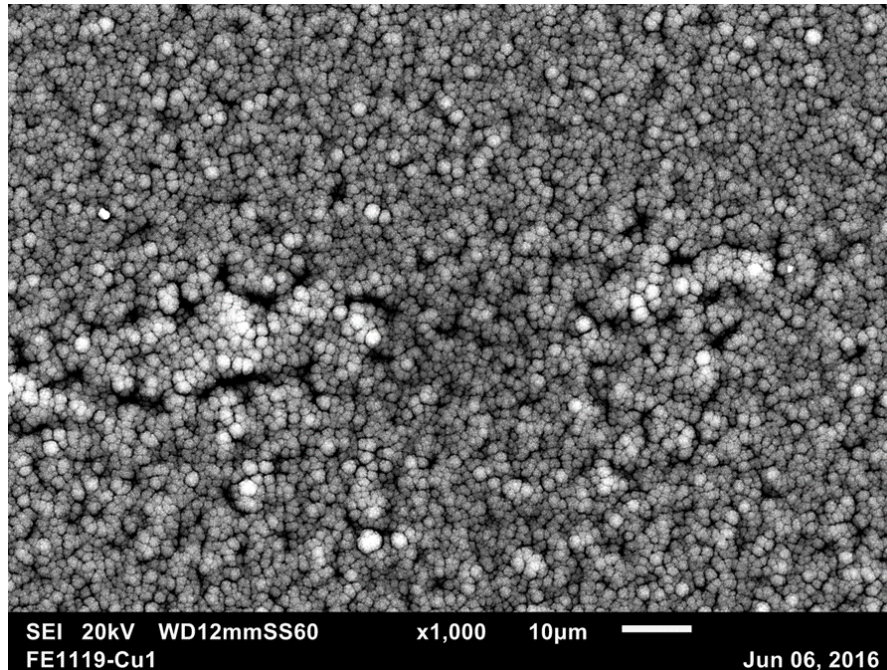
oplossing: poreus silicium



bijv. silicium NW

DUUR!

SILICIUM ANODES VOOR BATTERIJEN



bovenaanzicht

Oprichting Leyden Jar Technologies 2016

2019: genomineerd voor de Innovation Award
van de Europese Associatie van RTO's

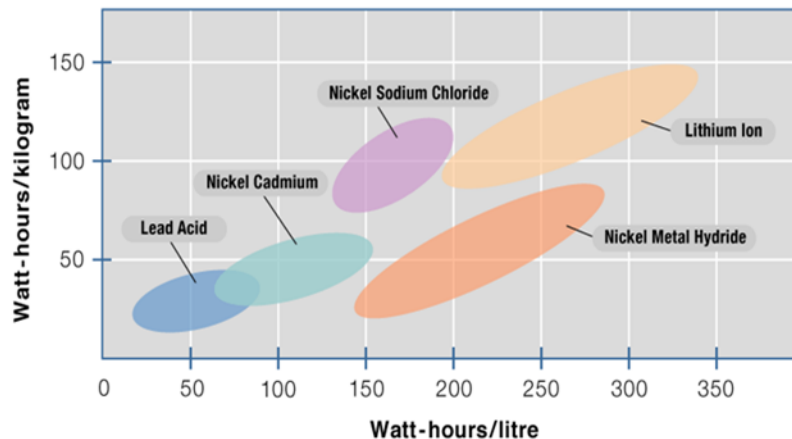
BI-LAYER POUCH FULL CELLS



- **Electrode oppervlak: 48 cm²**
- **200 Laad/ontlaad cycli met capaciteit 1000 mAh/g bij C/3**
- **Gemiddeld Coulombisch rendement: 99,84%**

Wat betekent 1000 mAh/g en C/3?

- › Met een voltage van 3,6 V is de energiedichtheid van de anode 3600 Wh/kg



In een Li-ion batterij vormt het grafiet 15% van het totale gewicht.

Met silicium kunnen we de energiedichtheid verbeteren van 150 naar 450 Wh/kg!

Verdere winst zal van kathodes moeten komen!

- › C/3 betekent een laadtijd van 3 uur.

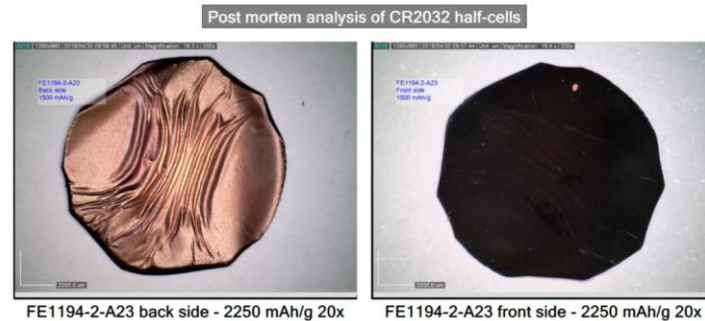
Acceptabel?

Afhankelijk van applicatie!

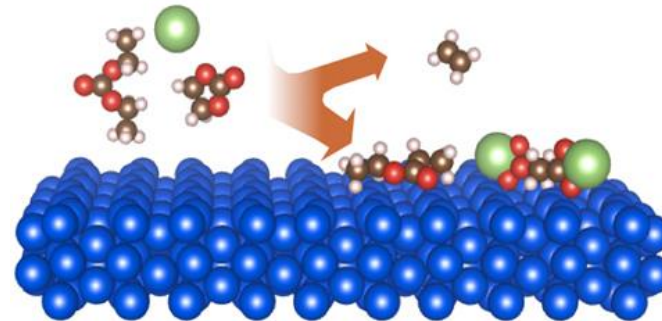
Uitdagingen bij toepassing Si anodes

› Volume expansie

→ kreukel vorming



→ extra SEI formatie
(verlies bruikbaar lithium)



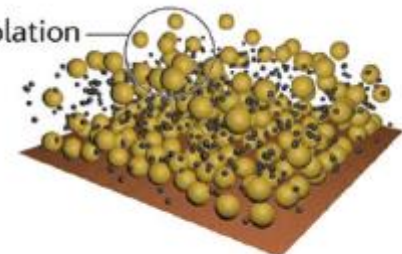
→ delaminatie

Delamination

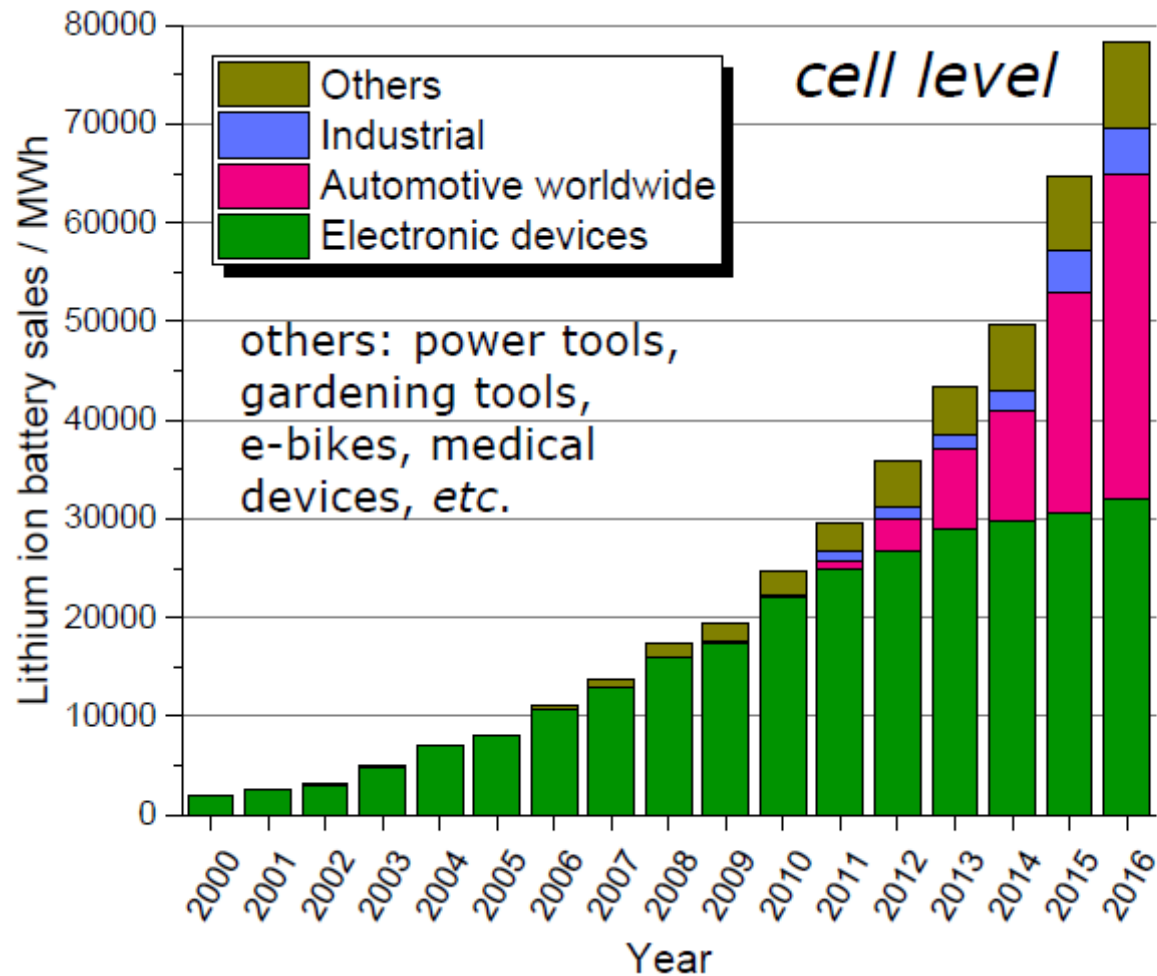


Many cycles

Electrical isolation



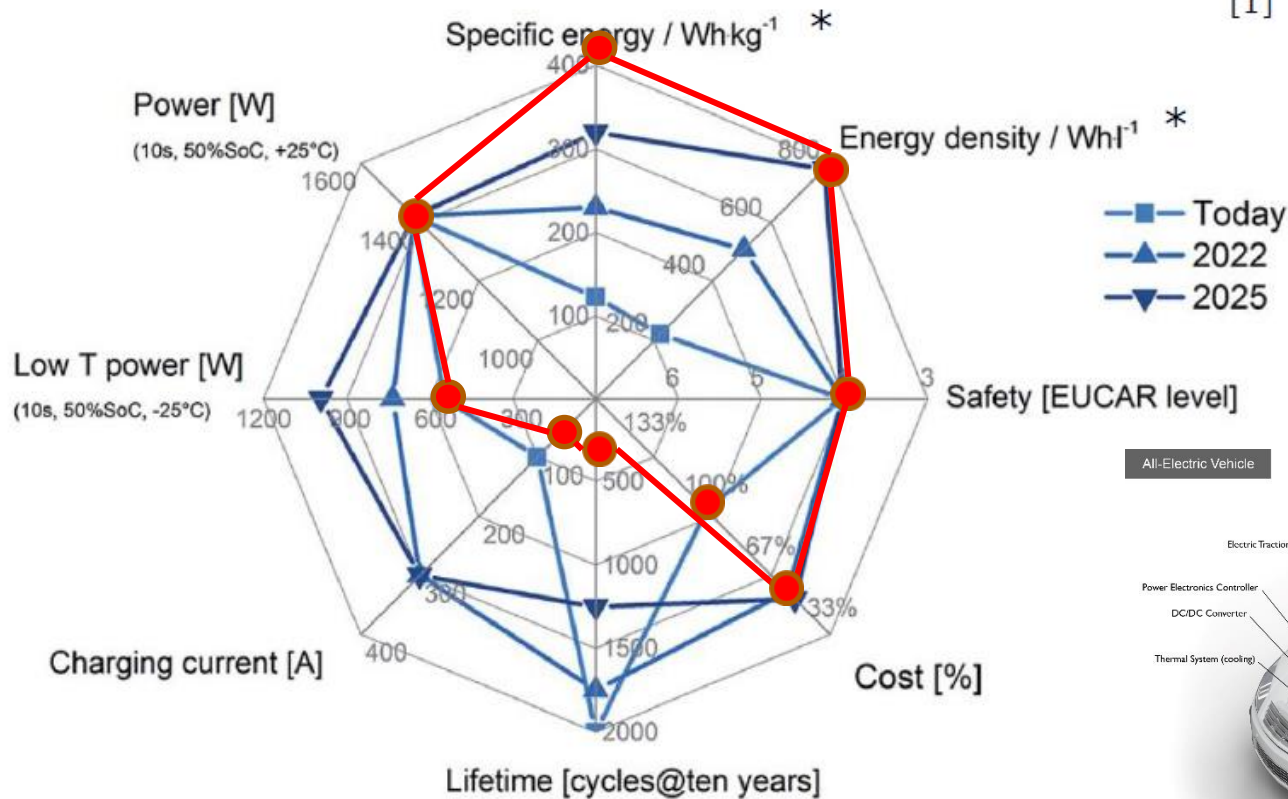
Markt voor Li-ion batterijen



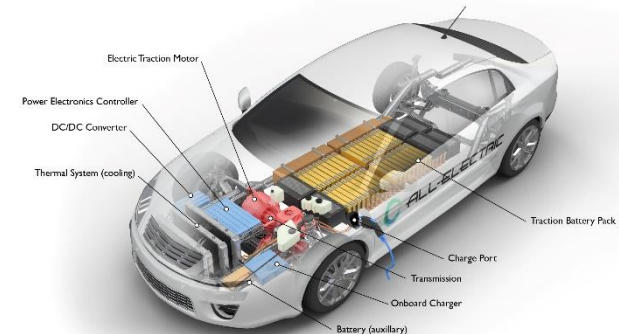
AUTOMOTIVE MARKT: PRESTATIE EISEN

› Prestatie Polygon van standaard 100 Ah batterij voor EV

[1]



All-Electric Vehicle



ELEKTRISCH VLIEGEN



Nu: drones

Nabije toekomst: persoonsvervoer



The electric VTOL single seat Vahana developed by Airbus A3

(11 september 2019)

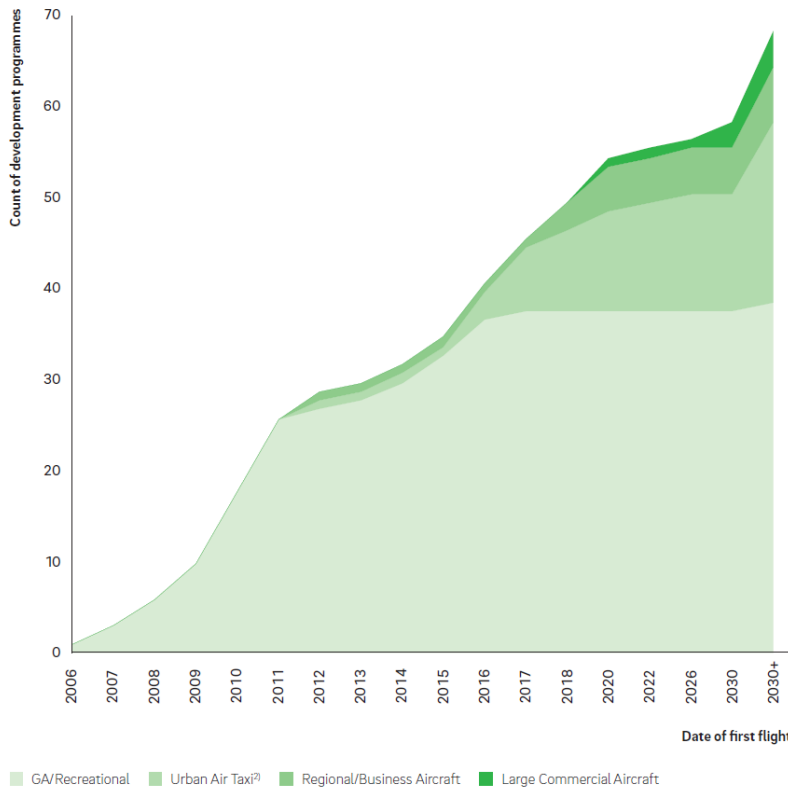
VVD EN D66: NEDERLAND MOET KOPLOPER ELEKTRISCH VLIEGEN WORDEN



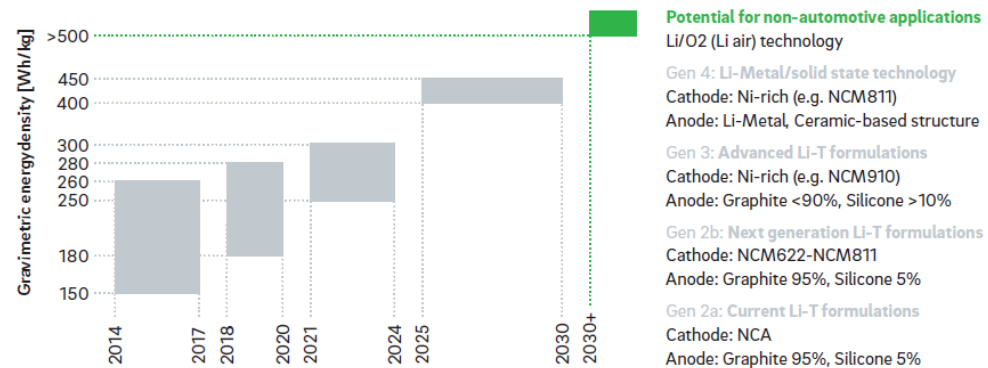
Alice, elektrisch vliegtuig van het Israëlische Eviation met ruimte voor negen passagiers

Snelle ontwikkeling gaande voor elektrisch vliegen

ELECTRICALLY-PROPELLED AIRCRAFT DEVELOPMENT PROGRAMMES¹⁾, BY DATE OF FIRST FLIGHT



maar het wachten is op batterijen met een hoge energiedichtheid > 500 Wh/kg



na 2030 volgens Roland Berger

STATIONAIRE TOEPASSINGEN

Storage Segment	Storage Type	Storage Duration ¹	Lead-acid	Ni-Cd	Li-ion	NaS	NaNiCl ₂	Flow
Fast-acting storage	Power quality	<1 min	😊	😞	😊	😞	😞	😊
	Power system stability	1 – 15 min	😊	😊	😊	😊	😊	😊
Power storage		15 – 60 min	😊	😊	😊	😊	😊	😊
Energy storage	Daily	6 h	😊	😞	😊	😊	😊	😊
	Weekly	30 – 40 h	😞	😞	😞	😊	😊	😊
	Monthly	168-720 h	😞	😞	😞	😞	😞	😞

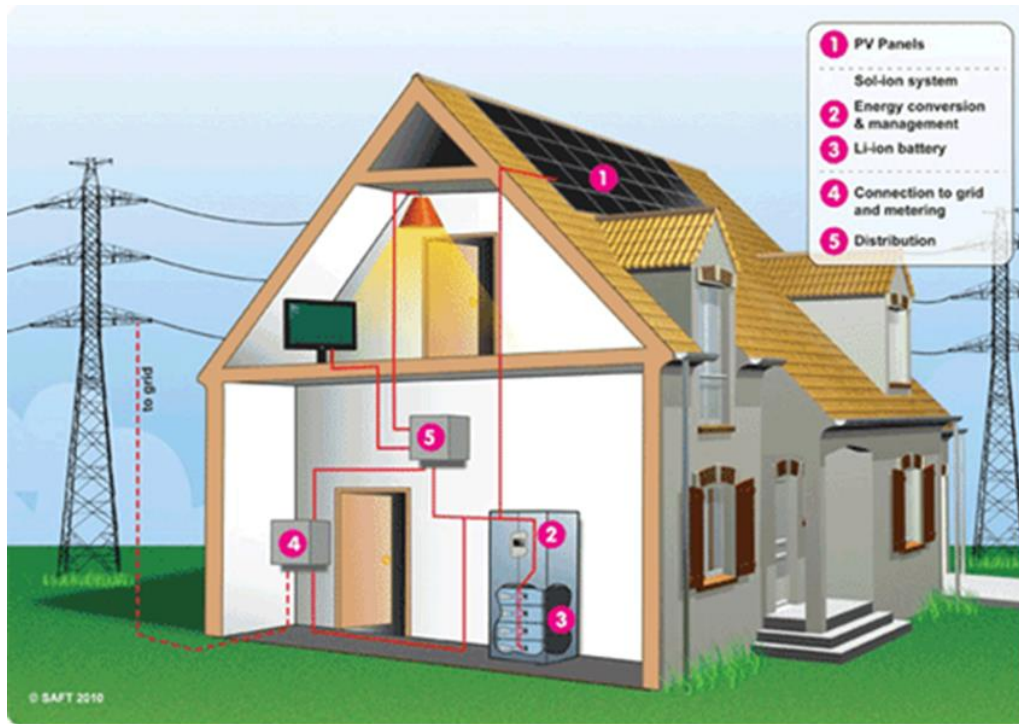
¹: This refers to the length of the service provision.

EASE-EERA Energy Storage Roadmap 2017

😊	Very suitable
😞	Less suitable
😞	Unsuitable

Li-ion batterijen vooral geschikt voor kortdurende opslag

DAG/NACHT OPSLAG HUISHOUDENS



Powerwall 2:
Capaciteit 13.5 kWh; Gewicht 125 kg; dikte 15 cm
450 Euro/kWh



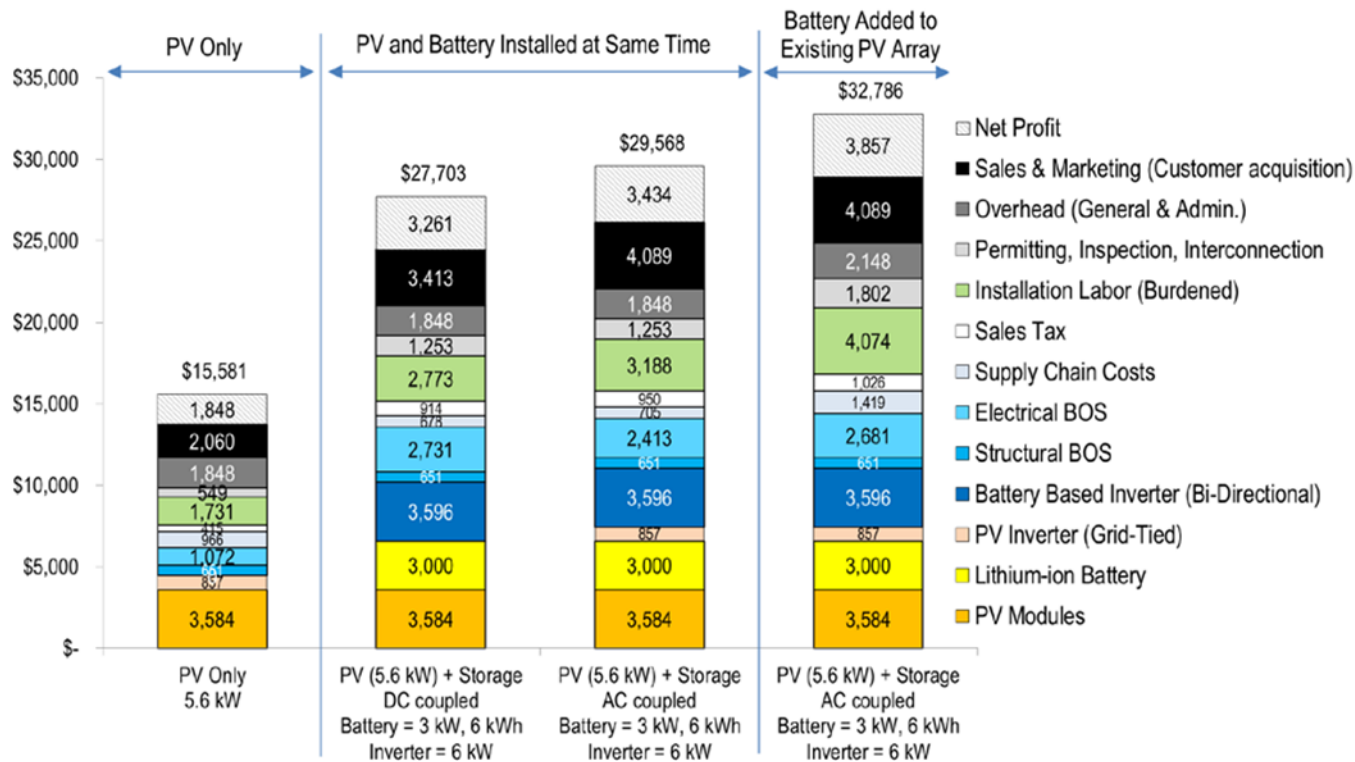
Mercedes



Nissan



PRIJS VAN THUISOPSLAG: USA



NREL studie 2017: consumenten prijs voor opslag: 2000 \$/kWh (batterij 500 \$/kWh)

IS THUISOPSLAG IN NEDERLAND RENDABEL?

Study by Geert Litjens, Universiteit Utrecht (IRES 2017)

Pay back period:
Electricity and system cost scenarios

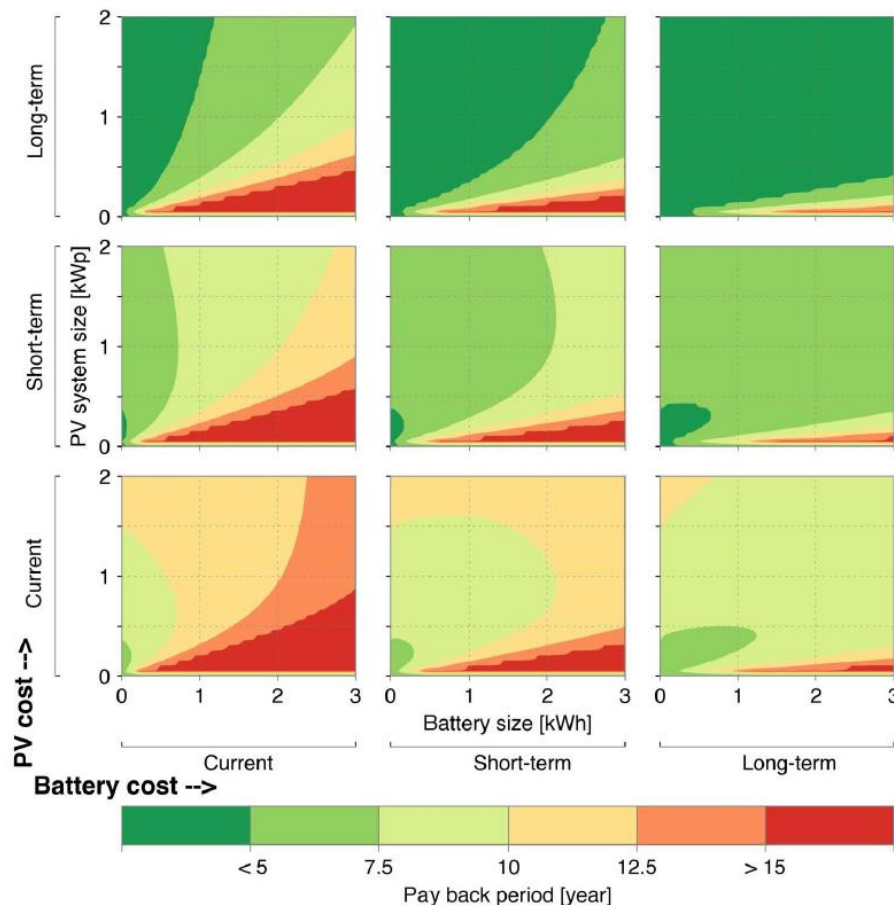
	Buying price (€/kWh)	Selling price(€/kWh)
Infinite net metering (NET)	0.23	0.23
Feed-in tariff (FIT)	0.23	0.10
Power purchase agreement (PPA)	0.23	0.04 average price

	PV cost (€/Wp)	Battery cost (€/kWh)
Current	1.5	500
Short-term	1	250
Long-term	0.5	100

Tesla Powerwall: 450 €/kWh

afschrijftermijn PV systeem 20 jaar dan $1,5 \text{ €/Wp} = 0.075 \text{ €/kWh}$

Terugverdiertijden opslag voor prosumenten (opslagcapaciteit genormaliseerd naar 1 MWh zelfconsumptie)



FIT scenario

- Decreasing battery cost →
Larger batteries become economic feasible

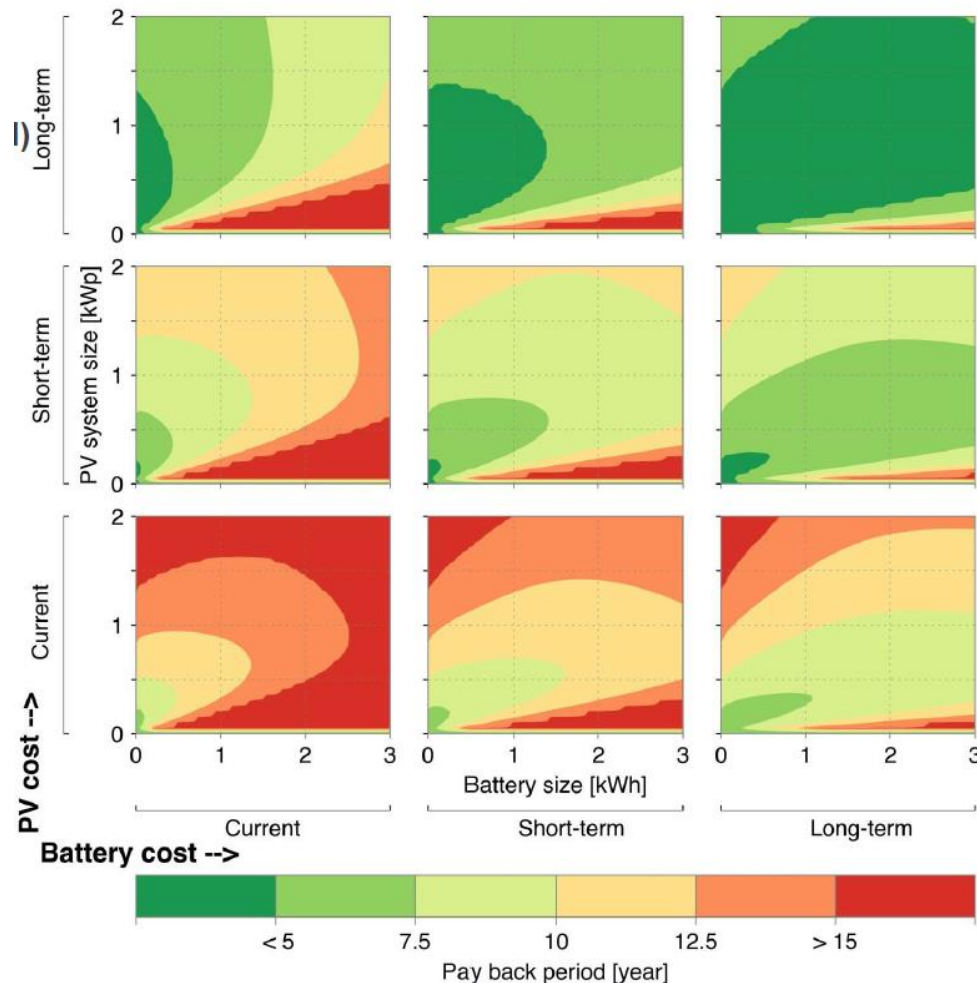
- Decreasing PV cost →
Larger PV sizes become economic feasible

- Current prices feasible for small systems.

- Short term prices economic feasible for medium size PV systems !

Terugverdiertijden opslag voor prosumenten

(opslagcapaciteit genormaliseerd naar 1 MWh zelfconsumptie)



PPA Scenario

- Battery cost have a larger impact on PBP compared to FIT scenario

- Higher PBP compared to FIT

- Short-term prices feasible for small systems

- Long term prices economic feasible for medium size PV-battery systems

Lage terugleververgoeding: gebruik opslag alleen om zelfconsumptie te optimaliseren

SAMENVATTING

- › **De silicium anode met MWPECVD: een mooi voorbeeld van een niet gezochte vondst.**
 - › **De silicium anode kan de capaciteit van Li-ion batterijen verhogen van 150 naar 670 Wh/kg en van 500 naar 1200 Wh/l.**
- 
- › **Toepassing van Li-ion batterijen met verhoogde capaciteit vooral in elektrisch vervoer: op de weg en in de lucht**
 - › **Stationaire toepassing: dag/nacht opslag van zonnestroom. Marktkans sterk afhankelijk van FIT en verdere kostendaling van de batterijen.**

› **BEDANKT VOOR UW AANDACHT**

TNO.NL/ECNPARTOFTNO



ECN ›

TNO

innovation
for life