

# Batterier

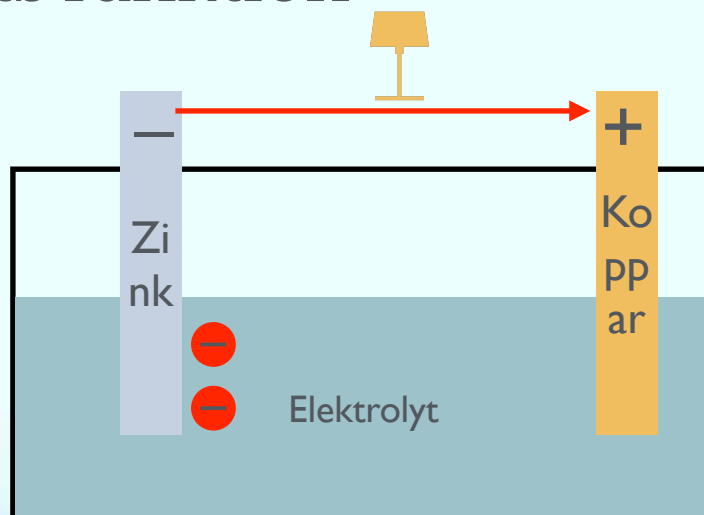
Alternativ till Duracell



Per Flensburg, Jan 25

1

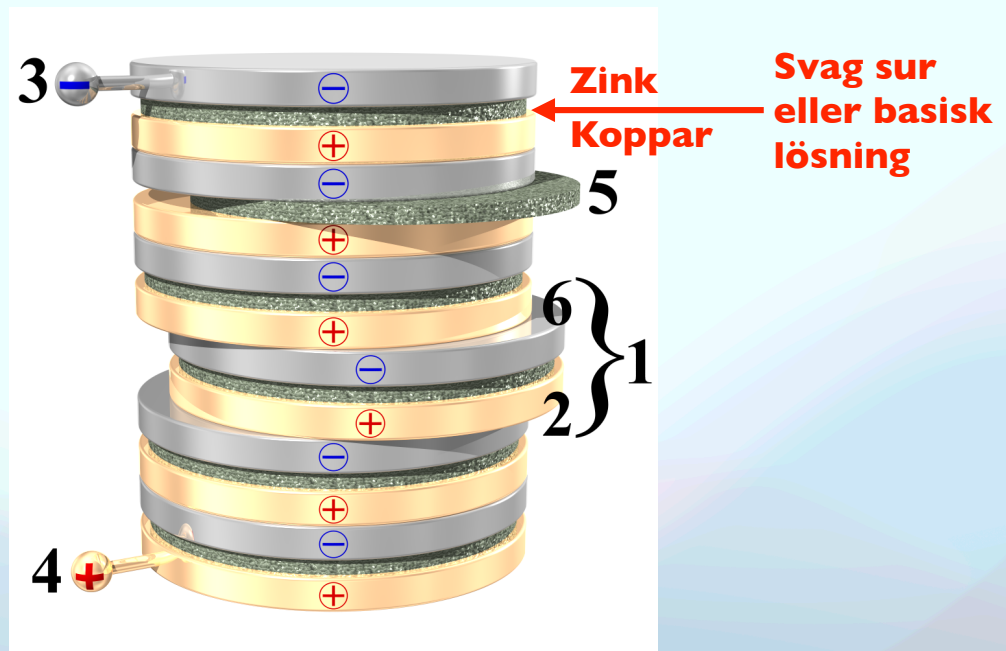
## Batteriets funktion



Cc Per Flensburg

2

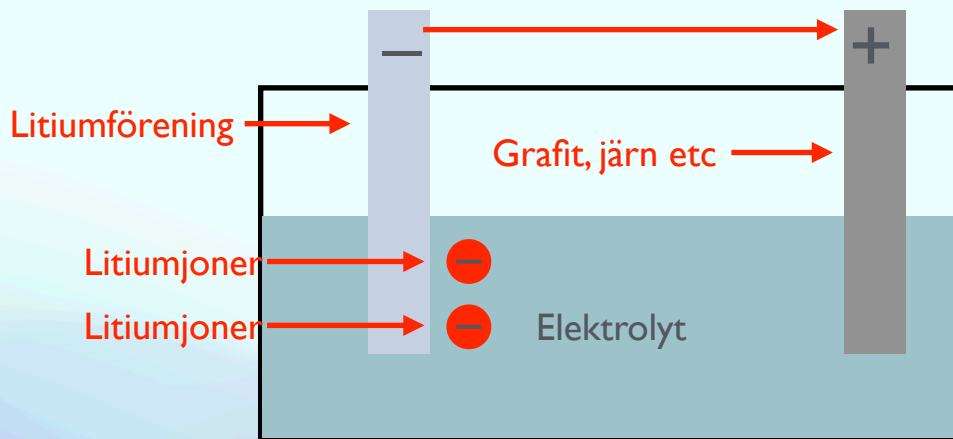
# Voltas stapel (1800)



## Principiellt

- Man har en minuspol (Anod) och en pluspol (Katod)
- De placeras i en lösning, antingen sur eller basisk och ganska svag.
- Denna lösning löser upp minuspolen, dvs det bildas laddade partiklar (joner) som kemisk förening av anod och katod
- Dessa joner är negativa och de flyttar sig till den positiva polen, katoden
- Så småningom är anoden helt upplöst eller elektrolyten "urvattnad" och kan inte lösa upp med anod
- Då är batteriet urladdat

# Litiumjonackumulator



# Parametrar

- Kapacitet: Storlek och antal elektroner (energitäthet)
- Materialet fördärvas lite grand vid varje uppladdning
- Hur stark ström man kan använda vid uppladdning
- Detta avgörs av materialet i anod, katod och elektrolyt
- Speciellt intressant är hur många joner katoden kan lagra
- Därför experimenterar man mycket med olika sorters material
- Anoden behöver kobolt för att vara tillräckligt stabil i ett vanligt litiumjon-batteri

# Litiumsvavelbatteri (2022)

- Katoden består av svavel istället för av kol.
- I kolkatoden krävs två kolatomer för att binda en jon
- I svavelkatoden kan varje atom binda två joner
- Energitätheten blir upp till fem gånger högre i litiumsvavelbatteriet
- Men batteriet är inte speciellt hållbart. Efter 50 laddningar har svavlet svällt och krympt så mycket att det inte fungerar.
- Dessutom bildar svavel och litium beläggning på litiumanoden som gör att den fungerar sämre
- Men man behöver inte kobolt.
- Hållbarhetsproblemet löstes med lite socker!

# Socker???

- Man tillför svavelkatoden lite glukos, dvs socker
- Sockret får svavlet att bilda en ny struktur, som både gör det mindre skört och skapar mer utrymme för litiumjonerna att binda till elektroden. Dessutom hämmar sockret bildningen av beläggningar på litiumelektroden.
- Sammantaget gör dessa två effekter att en prototyp klarar omkring 1 000 laddningar, vilket är ungefär samma som vanliga litiumjonbatterier.
- Litiumsvavelbatterier beräknas komma ut på marknaden någon gång 2027



# Konsekvenser?

- Den nya batteritypens energitäthet kommer framför allt att göra stor skillnad för elbilar.
- Den totala vikten av en elbils batteripaket varierar, men ett batteri på 80 kilowattimmar i en elbil med räckvidd på uppemot 50 mil väger cirka 500 kilo och utgör därmed omkring 25 procent av bilens vikt.
- I dag kan litiumjonbatterier nå en energitäthet på upp till 250 wattimmar per kilo batteri. Litiumsvavelbatterierna kan fördubbla eller tredubbla det till 500 eller 750 wattimmar per kilo och därmed också fördubbla eller tredubbla elbilens räckvidd, så att den kommer ända upp till omkring 150 mil.
- Det innebär att elbilen för första gången kan konkurrera med vätedrivna bilar, det andra gröna alternativet till bensinbilen.

# Andra typer

- Litium-luft: Katoden består av syre från luften. 10 ggr större energitäthet och 500 mils räckvidd
- Natrium ersätter litium. Det blir låg energitäthet men som batteribackup t ex i ett hs kan det fungera. Ett natriumbatteri är betydligt billigare än ett litium dito.
- Solid state batterier där elektrolyten är fast istället för flytande. Men de är dyra att tillverka och används mest i små batterier (pulsmätare och pacemakers)
- Aluminiumjonbatteri där aluminium ersätter litium. Batteriet kan laddas 60 ggr snabbare och innehåller tre gånger så mycket energi som ett vanligt litiumjonbatteri. Efter en minuts laddning kan en bil köra 500 km utan problem
- Batterier som är gjorda av återvunnet material håller längre eftersom metallerna är renare. Efter 11 600 urladdningar hade de återvunna batterierna tappat 30 procent av sin kapacitet. Nya batterier nådde denna nivå redan efter 7 600 urladdningar.



# Radikalt andra typer

Per Flensburg, jan 2025

11

## Batteri gjort av kärnavfall

- Grafit används för att reglera temperaturen i reaktorer och under årens lopp absorberar de så pass mycket strålning att materialet blir radioaktivt.
- Den radioaktiva isotopen  $C_{14}$  omvandlas vid sönderfallet till  $C_{12}$  och bland annat energirika elektroner, som genererar ström
- Det hela innesluts i ett stabilt hölje av diamant.
- $C_{14}$  har en halveringstid på 5730 år så ett sådant batteri varar i tusentals år.
- Men effekten är väldigt låg så det behövs stora batterier för att ge ström även åt små enheter.

# Litium-Nickel-Mangan-Kobolt batteri

- Idag används litiumjärnfosfatbatterier (LFP) inom bilindustrin tack vare ett lägre pris och lång livslängd.
- Forskarna har bytt ut flera kiselkristaller i katoden till strömutförligen till en enda grafitkristall i sitt litiumnickelmangankoboltoxid-batteri (NMC), för att undvika oxidering och därmed tidig batteridöd.
- NMC-batteriet kan förutom högre energitäthet även prestera optimalt vid en spänning på 3,8 volt i stället för 4,2 volt eller mer. Den lägre spänningen minskar risken för oxidering, vilket innebär en teoretisk livslängd på 100 år.
- Men batteriet blir dyrt och det var 2022, problem med att använda det i bilar.

# Återvinna gamla batterier

- Istället för att värma uttjänta batterier till 500° så krossas de använda litiumjonbatterierna och torkas över natten innan de körs genom en vanlig köksmixer och siktas. Då blir det ett fint svart pulver bestående av bland annat kobolt, litium, nickel, mangan, aluminium och koppar.
- Därefter torkar forskarna apelsinskal på låg temperatur i tre dagar och pulveriserar dessa innan de tillsätts en vätska som innehåller citronsyra.
- När det metalliska svarta batteripulvret blandas med den sura apelsinskalsvätskan löses partiklarna i pulvret upp och det bildas rena metalljoner i vätskan. Dessa kan samlas upp för att återvinnas - exempelvis genom elektrolys, där metalljonerna koncentreras till en elektrod när el tillsätts vätskan.

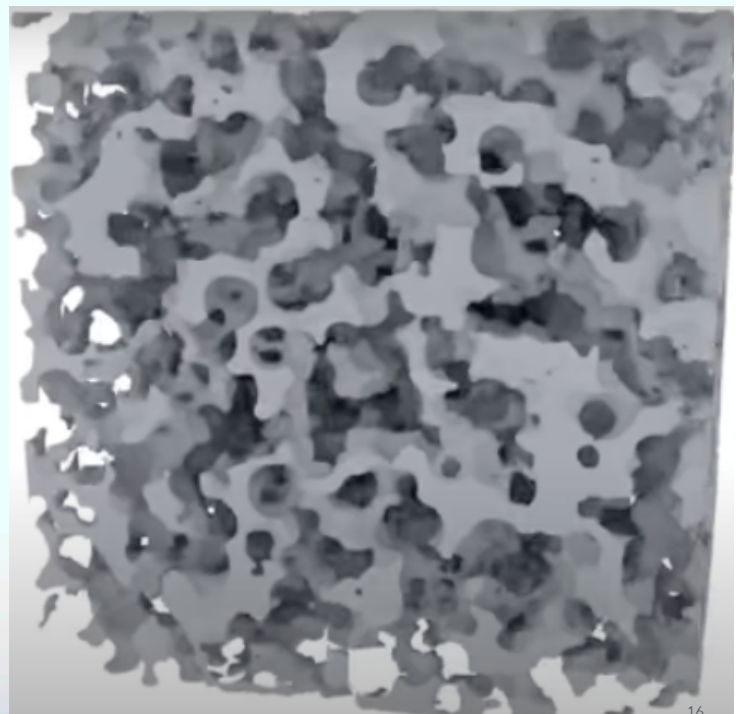


# Stinkande frukter

- Två fenomen: Superkondensatorer och kol-aerogel
- Kondensator: I princip två elektriskt ledande plattor som är så nära varandra att strömmen kan gå mellan dem
- Superkondensator: Extra "stor" kondensator
- Superkondensatorer kan, precis som batterier, lagra och avge elektrisk laddning. Men batterier laddas långsamt och räcker en kort tid, medan superkondensatorer laddas snabbt och räcker under lång tid.
- Superkondensatorer är dock extremt dyra att tillverka

# Gelé

- Gelé består av en vätska innesluten i en nätverksstruktur om ca 1% av massan
- Man har lyckats ersätta vätskan med koldioxid och får då en aerogel som är väldigt lätt och väldigt god värmeisolator
- Den kan då fungera som en superkondensator
- Själva nätverket kan göras av fruktrester
- Bäst var durianfrukter som är världens mest illaluktande frukt



# Tillverkning

- Forskarna tog delar av frukternas oätliga kärnor och rengjorde dem med demineraliserat vatten.
- Därefter placerade de fruktavfallet i en teflontryckokare där det kokades i 180 grader i tio timmar och sedan kylades ned under natten. Fruktavfallet frystorkades och bakades slutligen i en timme i en ugn i 800 grader.
- Resultatet blev en svart, extremt porös och ultralätt aerogel.
- Detta skrevs 2020 i Illustrerad Vetenskap. Vad har hänt sedan?
- Problemet är att superkondensatorerna inte är tillräckligt energitäta. Man försöker därför göra dem mindre med hjälp av nanoteknik bl a på Chalmers (Agin Vyas)
- I en artikel från 2024 förmodar ett antal forskare att superkondensatorer omkring år 2040 kan ha samma kapacitet som dagens batterier

# Referens

Sustainable Materials and Technologies 41 (2024) e01111



Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Sustainable Materials and Technologies

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/susmat](https://www.elsevier.com/locate/susmat)



## Supercapacitors and rechargeable batteries, a tale of two technologies: Past, present and beyond

R.K. Azega<sup>a,\*</sup>, Anderson David Smith<sup>b,\*</sup>, Niladri Roy Chowdhury<sup>b</sup>, Agin Vyas<sup>a</sup>, Qi Li<sup>d</sup>, Mazharul Haque<sup>a</sup>, Qian Xun<sup>b</sup>, Xiaoyan Zhang<sup>c</sup>, Shameel Thurakkal<sup>c</sup>, Torbjörn Thiringer<sup>b</sup>, Peter Enoksson<sup>a</sup>, Per Lundgren<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Department of Microtechnology and Nanoscience, Chalmers University of Technology, 41296 Göteborg, Sweden

<sup>b</sup> Department of Electrical Engineering, Division of Electric Power Engineering, Chalmers University of Technology, Hörsalsvägen 9, Göteborg 412 96, Sweden

<sup>c</sup> Department of Chemistry and Chemical Engineering, Chalmers University of Technology, Kemigården 4, Göteborg 412 96, Sweden

<sup>d</sup> Smoltek AB, Kaserntorget 7, 411 18 Göteborg, Sweden

# Kallluftslager

- När hållbara energikällor producerar mer el än vi behöver skickas den överskjutande elen till kallluftsenergilagret i stället för att produktionen stängs ned,
- Energin används till att kyla ner luft till minus 196 grader, då den blir flytande. Den lagras i en termotank, tills behovet av el uppkommer igen. Samtidigt frisätts värme under nedkylningen som lagras tills vätskan ska omvandlas till el igen.
- När elen behövs värms den flytande luften upp av sparade överskottsvärmen från nedkylningsprocessen. Den luftström som bildas skickas upp genom en turbin, och omvandlas på så sätt till elektricitet. Den skickas direkt ut i energinätet när den behövs.
- Utöver att producera el kan den flytande luften användas till att kyla ned våra matvaror. Fryshallar kan nämligen kopplas till energilagren så att den nedkylda flytande luften får cirkulera runt i hallarna och därmed bidra till nedkylningen innan luften värms upp igen och producerar el.

# Kallluftslager (forts)

- Highview Power har med kallluftsenergilagret bevisat att tekniken fungerar. Under kommande år kommer företaget att växla upp, och redan 2022 planerar de att öppna en ny anläggning som kan förse 50 000 hushåll med el i tre timmar – jämfört med 5 000 i den nuvarande anläggningen utanför Manchester.
- Därmed har ännu en hoppningivande teknik för lagring av el presenterats som lösningen på en av den gröna omställningens överlägset största utmaningar.

# Gamla gruvor

Gruvan på Lilla Båtskär på Åland har ett 250 meter djupt schakt. Längst ned finns en 2 km lång tunnel som nedre reservoar. Havet fungerar som övre reservoar. Havsvatten leds ner i schaktet genom en turbin som producerar el när elpriset är högt eller när det behövs reglerkraft till elnätet. När elpriset är lågt pumpas vattnet tillbaka upp till havet. Anläggningen kommer att ha en kapacitet på 2 MW



# Strukturellt batteri (2021)

- Idén är att bygga in batteriet i bilens bärande delar. På så sätt kan man säga att batteriet bli viktlost eftersom det inte tillför någon extra vikt till bilen.
- Ett strukturellt batteri fungerar som ett vanligt batteri: Två elektroder och ett mellanliggande elektrolytiskt skikt som transporterar joner fram och tillbaka när batteriet laddas upp och laddas ur.
- En grupp forskare från Chalmers och KTH har gjort ett batteri med en negativ elektrod av kolfiber och en positiv elektrod av aluminiumfolie belagt med litiumjärnfosfat. Mellan dem ligger ett tunt lager av glasfiber, doppat i en elektrolyt. Det hela lamineras till ett styvt och flexibelt material.
- Forskarna byggt ett batteri med en energitäthet på 24 wattimmar per kilo – eller 20 procent av kapaciteten hos de klassiska litiumjonbatterierna.
- Men eftersom bilens vikt minskas avsevärt med ett strukturellt batteri behöver batteriet dock inte samma energitäthet för att ge bilen samma prestanda.

# Ur abstrakt

- Batterier har överlägsen energilagringsskapacitet samtidigt som superkondensatorer har högre effekt och längre livslängd.
- Införande av dessa enheter i elektriska fordon och energilagringstillämpningar i elnätet driver deras vidareutveckling och produktion.
- Prognoser tyder på att år 2040 kan de bäst presterande asymmetriska och hybridsuperkondensatorer kan vara jämförbara med kommersiell batteriteknik som för närvarande är under utveckling, i termer av energitäthet (ED). När det gäller effekttäthet (PD) kan batteriteknik uppnå prestanda jämförbar med vissa elektriska dubbellager (EDL)-baserade superkondensatorer.
- Vi förutser att de två enheterna kommer att fortsätta att hybridisera för att fylla energikraftgapet på ett sätt som gör att minskningen av PD till förmån för ED blir obetydlig.
- Denna förväntade förbättring kan så småningom nå en mättnad, vilket tyder på att när en viss nivå av ED har uppnåtts, leder ytterligare förbättringar av metriken bara till allvarliga avvägningar med PD och vice versa.

# Tegelstenar som batterier (2020)

- Amerikanska forskare från Washington University i St. Louis har skapat en tegelsten, som ser ut som en helt vanlig röd tegelsten, men som också fungerar som ett batteri.
- Tekniskt sett är den futuristiska tegelstenen inte något batteri, utan en superkondensator.
- En kondensator består av två strömförande plattor som är åtskilda av ett skikt av ett annat material, som spänningen inte kommer igenom. Att ladda en kondensator fungerar på samma sätt som att gnida en ballong mot en tröja, som ger negativ respektive positiv laddning, så att de attraherar varandra.
- Spänningsskillnaden stannar i lagret tills energin frisätts som elektricitet till en extern krets.



# Tegelstenar som batterier (2020)

- Den nya elektriska tegelstenen fungerar som plattorna i en superkondensator. Först indunstas tegelstenen med den strömförande plastikpolymeren PEDOT, som är täckt av nanofibrer. Sedan delas den i två halvor, varpå den doppas i en elektrolytisk gel. När de två halvorna sätts ihop igen blir de en superkondensator.
- Hittills är tegelstenen inte särskilt effektiv. Den första prototypen har en energitäthet på bara en procent av ett vanligt litiumjonbatteri.
- Superkondensatorer är däremot lättare, är extremt snabba att ladda och kan dessutom laddas upp och ur näst intill ett oändligt antal gånger jämfört med batterier.
- Forskarna tror att de med några få justeringar kan tiodubbla energitätheten. Lyckas de med det, kan superkondensatorer bli ett gångbart alternativ till batterier.

# Gravitationsbatterier

# Gravitationsbatterier

- Princip: En elmotor kan lika väl fungera som generator om den dras runt utifrån
- Pumpa upp vatten till dammen i vattenkraftverk
- Hissa stenar upp och ner i gamla gruvhål
- Hissa tyngder upp och ner i olika konstruktioner
- Dra vagnar upp och ner för sluttningar
- Fördelar:
  - Kan göras billigt
  - Har lång livslängd
  - Hållbar i flera olika meningar





# Finito