

De energiecrisis oplossen met zwaartekracht

Een van de grootste problemen met hernieuwbare energiebronnen als zonne- en windenergie is dat ze geen constante stroom leveren. Ze leveren bijvoorbeeld niets op wanneer de zon niet schijnt en de wind niet waait. Daarom is het belangrijk dat we opgewekte energie kunnen opslaan voor later gebruik. Biedt zwaartekracht de oplossing?

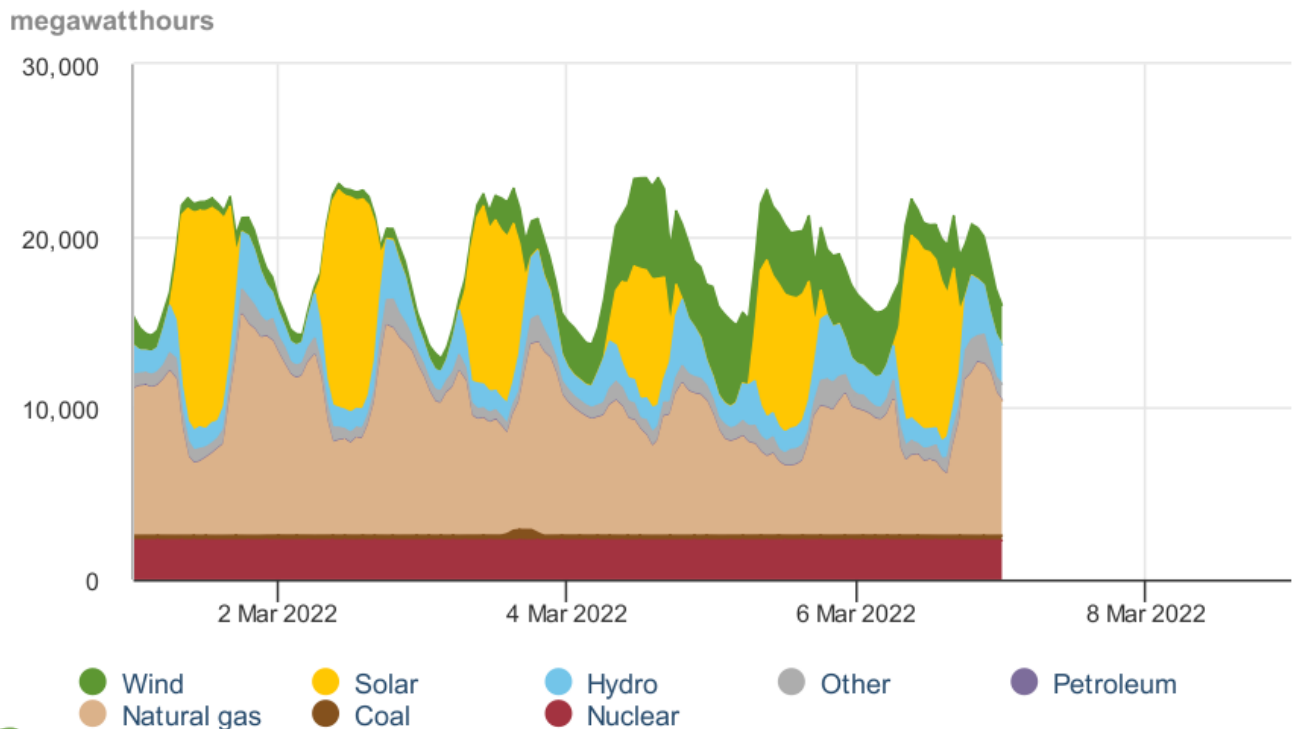
De aarde warmt op, mede dankzij ons gebruik van fossiele brandstoffen. De noodzaak om hier iets aan de doen is al lang duidelijk, en wordt keer op keer (meest recentelijk op 27 februari) onderstreept door de uiterst zorgwekkende [rapporten van de IPCC](#). Om ervoor te zorgen dat onze uitstoot van broeikasgassen daalt, zullen we snel moeten overstappen naar hernieuwbare bronnen van energie. Hernieuwbaar betekent dat je bij het opwekken van de energie geen grondstof opgebruikt. We verbranden dus geen kolen, olie of gas, maar gebruiken de energie die komt van bijvoorbeeld de zon, de wind, warmte uit de aarde, de stroming van water, of de getijden in de zee.

Het probleem

Veel van deze energiebronnen, met name de populaire zonne- en windenergie, hebben echter een probleem: de hoeveelheid opgewekte energie is sterk afhankelijk van het weer en de tijd van de dag. 's Nachts heb je niets aan een zonnecel, en windmolens zullen alleen draaien als het waait. Maar de hoeveelheid opgeleverde stroom kan ook op kortere tijdschalen variëren. Ons energienet is daarentegen gebouwd voor een redelijk constante toevoer van stroom die ongeveer overeenkomt met hoeveel stroom wij gebruiken. Pieken en dalen in de geleverde stroom kunnen de frequentie van het stroomnet veranderen, en (verouderde) delen van het net kunnen overbelast raken. Zo mag je in meerdere gebieden in Nederland al niet meer je eigen opgewekte [stroom terugleveren](#) aan het net. Ook het zonnige Californië kan zijn eigen zonne-energieproductie niet aan, en [gooit jaarlijks miljoenen](#) megawattuur aan hernieuwbare energie weg. Ter vergelijking: een Nederlands huishouden

gebruikt per jaar gemiddeld zo'n [2,5 megawattuur](#) aan elektriciteit.

California (CAL) region electricity generation by energy source 3/1/2022 – 3/8/2022, Pacific Time



Source: U.S. Energy Information Administration

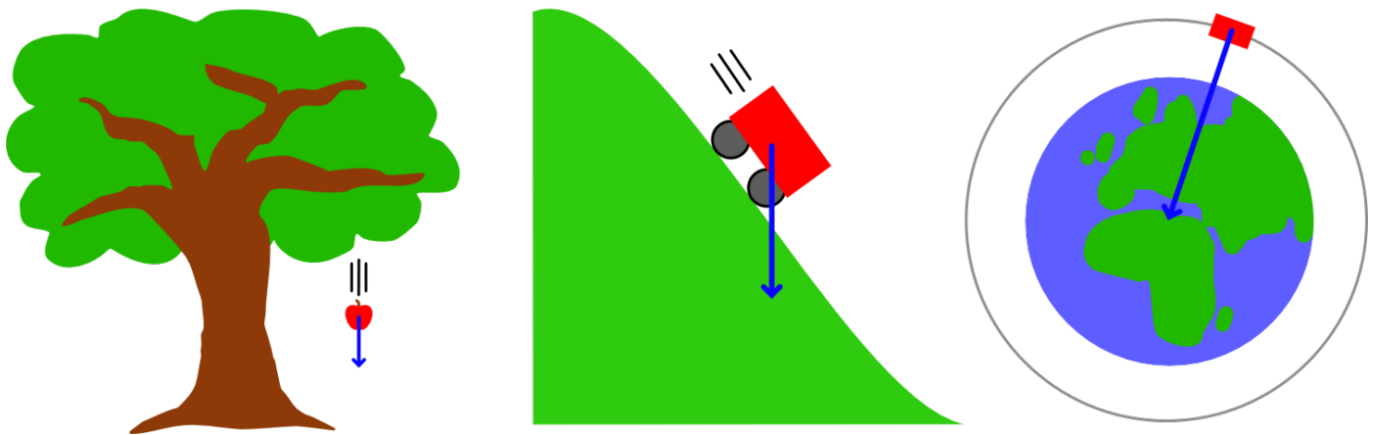
Afbeelding 1: De opgewekte energie in Californië Uit deze grafiek wordt duidelijk dat de opbrengst van hernieuwbare bronnen als zonne- en windenergie (geel en groen) per uur veel varieert. Deze schommelingen worden nu deels opgevangen door fossiele energiebronnen zoals aardgas, maar als we helemaal overstappen naar hernieuwbare energie willen we alle opgewekte energie op kunnen slaan om te gebruiken wanneer die nodig is. Bron: [U.S. Energy Information Administration](#).

Idealiter zouden we opgewekte hernieuwbare energie altijd kunnen opslaan, zodat de energie klaarstaat voor wanneer we die nodig hebben. Helaas worden de meest efficiënte batterijen voor zulke opslag gemaakt met zeldzame grondstoffen zoals lithium en kobalt, waarvan de mijnbouw [gepaard gaat](#) met milieuvervuiling en erbarmelijke, mensenrechtenschendende omstandigheden voor mijnwerkers. Ook kunnen chemische batterijen in brand vliegen en giftige stoffen lekken. En bij langdurig gebruik worden batterijen vanzelf minder efficiënt.

Als het aan bedrijven als [Energy Vault](#) en [Gravitricity](#) ligt, lossen we dit alles eenvoudig op met een natuurkundige favoriet: de zwaartekracht.

Zwaartekracht

Op de middelbare school leer je al over de potentiële energie die je kunt opslaan in een zwaartekrachtveld. Het is de reden dat het energie kost om een karretje een heuvel op te duwen. Wanneer je het karretje weer van de heuvel af laat rollen, wordt de opgebouwde potentiële energie omgezet in kinetische energie, oftewel bewegingsenergie. Die omzetting zie je bij alle vrij bewegende objecten die naar de aarde toe bewegen: appels vallen uit bomen, karretjes rollen van heuvels af, en satellieten blijven om de aarde heen bewegen omdat hun zijwaartse baan continu wordt omgebogen door het zwaartekrachtveld van de aarde.



Afbeelding 2: Zwaartekracht in actie. Zwaartekracht trekt objecten naar de aarde toe, zoals aangegeven door de blauwe pijlen. Hierdoor vallen appels uit bomen, rollen karretjes van heuvels af, en blijven satellieten in een baan om de aarde bewegen. Afbeelding: Jans Henke.

De hoeveelheid potentiële energie van een relatief licht object (zoals een appel), in het zwaartekrachtveld van een veel zwaarder object (zoals de aarde), wordt goed beschreven door de vergelijking $E = m \times g \times h$. Hierin is m de massa van het lichte object, g de versnelling die wordt bepaald door het zwaartekrachtveld van het zware object, en h de afstand tussen de zwaartepunten van de twee objecten. (Terzijde: in deze benadering gaat het alleen om *verschillen* in energie, en daarom kun je de hoogte h ook prima vanaf het aardoppervlak meten, zoals op de middelbare school altijd gebeurt.) De massa van een appel creëert natuurlijk ook een zwaartekrachtveld, maar vergeleken met de sterkte van het veld van de veel massievere aarde, is het effect daarvan verwaarloosbaar.

Hoe kunnen we deze potentiële energie gebruiken voor het opwekken of opslaan van

hernieuwbare energie? Stiekem doen we dat al, met hydro-elektrische installaties. Naar schatting vormt (gepompte) hydro-opslag zo'n 95% van de wereldwijde energie-opslagcapaciteit. Door een dam te bouwen in een dal, en daarachter een diep reservoir te vullen met water, zorgen we ervoor dat het water potentiële energie opslaat. Door het water vervolgens van hoog naar laag te laten stromen, wordt dit omgezet in kinetische energie. Het naar beneden stromende water doet daarbij turbines ronddraaien, die deze energie omzetten in elektriciteit.

Helaas gaan dergelijke hydro-elektrische installaties gepaard met hun eigen problemen. Zo kunnen ze alleen gebouwd worden in een dal – waar we in ons uiterst platte Nederland dus weinig aan hebben – en op locaties met voldoende watertoevoer. Daarnaast vereist de constructie van een dam veel beton en staal, wat niet de meest duurzame materialen zijn. Ook vereist de bouw dat we het landschap drastisch veranderen, waarvan de ecologische consequenties groot kunnen zijn.



Afbeelding 3: De oude kerktoren van Graun steekt uit het stuwmeer Reschensee. Wereldwijd zijn er veel dorpen onder water komen te liggen door de constructie van een dam, zoals de dorpen Graun en Reschen in Zuid-Tirol, Italië. Foto: [Noclador](#).

Mechanische batterijen

Wat Energy Vault en Gravitricity voorstellen, is dat we in plaats van water zware blokken optillen en laten zakken, om daarbij energie op te slaan en weer vrij te geven. De hoeveelheid opgeslagen energie wordt gegeven door $E = m \times g \times h$, en het vermogen (het wattage) wordt bepaald door hoe snel of langzaam de gewichten opgetild of verlaagd worden. Simpel, toch?

Er komt natuurlijk wel wat bouwkunde bij kijken. Energy Vault wil honderden tot duizenden grote blokken van tientallen tonnen optillen en laten zakken in speciaal ontworpen hijskraantorens. Zij voorspellen een toekomst waarin "[Energy Vault Resiliency Centers](#)" gebouwd worden naast zonne- en windmolenparken, of op de locaties van oude kolencentrales. Gravitricity, daarentegen, [stelt voor](#) om een of meerdere zware gewichten van ieder zo'n 500-5000 ton op te tillen en te laten zakken in bestaande mijnschachten van 300-1500 meter diep.

Beide bedrijven zitten vooralsnog in de testfase, en hebben tot nu toe alleen kleinschalige voorbeelden van hun designs gebouwd om te laten zien dat hun technologie echt werkt. Tot nu toe zijn hun prototypes succesvol genoeg, wat blijkt door onafhankelijk onderzoek van universiteiten als CalTech en Imperial College London. Op basis hiervan claimen ze een opslag efficiëntie tussen de 80% en 90%, niet veel lager dan de beste lithium-ionbatterijen. De (toekomstige) ontwerpen zouden ieder tientallen megawatts aan vermogen kunnen opslaan en leveren. De zware blokken kunnen gemaakt worden van restmateriaal, zonder zeldzame of giftige stoffen, en de systemen zouden tientallen jaren mee kunnen gaan zonder verlies van vermogen. Energy Vault benadrukt de voordelen van de modulariteit van hun nieuwe ontwerp, waarbij een energie-opslagcentrale kan worden opgebouwd uit blokken met elk 10 megawatt aan capaciteit. Gravitricity is juist trots op het feit dat hun ontwerp zowel langzaam als heel snel het opgeslagen vermogen kan uitzenden, zelfs in minder dan een seconde.



Afbeelding 4: De “commerciële demonstratie-unit” van Energy Vault. Dit prototype in Castione, Zwitserland, kan 35 megawattuur aan stroom opslaan en leveren, door zware blokken op te tillen en te stapelen. Het

ontwerp is sindsdien veel veranderd, en toekomstige modellen zien er van buiten meer uit als blokkige gebouwen dan een zes-armige hijskraan. Foto: [Keimzelle](#).

Succes zit hem ook in het werven van investeerders. Energy Vault heeft al [honderden miljoenen euro's](#) bijeengeschraapt aan investeringen, waaronder van grote spelers zoals Saudi Aramco Energy Ventures en bekende namen zoals [Leonardo DiCaprio](#). Het Schotse bedrijf Gravitricity is iets bescheidener, met de huidige investeringsteller op enkele honderdduizenden euro's, geworven via [Innovate UK](#).

Al met al lijkt het erop dat `zwaartekrachtbatterijen' wel degelijk een bijdrage zouden kunnen leveren aan de uitbreiding van de wereldwijde energie-opslagcapaciteit. De komende jaren zullen beide bedrijven hun technologie verder moeten ontwikkelen en bewijzen, maar een duurzame toekomst lijkt weer een stap dichterbij!