

Duurzame energie - een nuchter verhaal

'Sustainable Energy – without the hot air'

auteur: David MacKay

Samenvatting

We zijn verslaafd aan fossiele brandstoffen, en dat gaat zo niet langer. De meest ontwikkelde landen halen 80% van hun energie uit fossiele brandstoffen, Groot-Brittannië zelfs 90%. Er zijn drie redenen waarom we daar niet onbeperkt mee door kunnen gaan.

1. de goed toegankelijke fossiele brandstoffen zullen op een gegeven moment opraken, waarna we onze energie ergens anders vandaan zullen moeten halen.
2. de verbranding van fossiele brandstoffen heeft meetbare en naar alle waarschijnlijkheid riskante gevolgen voor het milieu. Het vermijden van gevaarlijke klimaatveranderingen is zeker een reden om ons gebruik van fossiele brandstoffen onmiddellijk te beperken.
3. naast klimaatverandering is ook de afnemende beschikbaarheid van fossiele brandstoffen in de toekomst een goede reden om het gebruik daarvan in Groot-Brittannië drastisch te verminderen. Als dat niet gebeurt, zal het grootschalige gebruik van de olie- en aardgasreserves in de Noordzee er snel toe leiden dat het aan fossiele brandstoffen verslaafde Groot-Brittannië afhankelijk wordt van onbetrouwbare buitenlanders. (Ik hoop dat mijn ironie overkomt.)

Hoe raken we van onze verslaving aan fossiele brandstoffen af?

Er is een stortvloed aan informatie over hoe we het anders kunnen doen, maar het grote publiek ziet door de bomen het bos niet meer en kan het verschil tussen effectieve maatregelen en symbolische handelingen niet goed bepalen. Mensen hebben groot gelijk als ze achterdochtig zijn wanneer bedrijven hen vertellen dat ze 'een steentje bijdragen' als ze 'groene' producten kopen.

Ook het Britse binnenlandse energiebeleid is een bron van onrust. Zijn 'decentralisatie' en 'warmtekrachtkoppeling' bijvoorbeeld wel groen genoeg? De overheid wil ons dat graag laten geloven. Maar voldoet Groot-Brittannië met dergelijke technologie wel echt aan haar verplichtingen met betrekking tot klimaatverandering? Zijn windmolenparken niet meer dan 'een leeg gebaar waarmee onze leiders laten zien dat ze het beste met het milieu voorhebben'? Is kernenergie echt essentieel?

Er is behoefte aan een doeltreffend plan. Gelukkig zijn zulke projecten zeker op te stellen. Het is de uitvoering ervan die zo lastig is.

Deel I - Cijfers in plaats van bijvoeglijke naamwoorden

De eerste helft van dit boek gaat over de vraag of een land als het Verenigd Koninkrijk, dat bekend staat om zijn wind, golven en getijden, zichzelf wel van voldoende hernieuwbare energie kan voorzien. We horen vaak dat Groot-Brittannië 'enorme' mogelijkheden op dat gebied heeft. Maar de aanduiding 'enorm' voor een energiebron zegt te weinig. We moeten weten hoe deze mogelijkheden zich verhouden tot ons eveneens 'enorme' gebruik. Om die vergelijking te maken, hebben we behoefte aan *cijfers in plaats van bijvoeglijke naamwoorden*.

Als er cijfers worden genoemd, wordt de betekenis daarvan vaak verhuld door de grootte. Cijfers worden gekozen om te imponeren, om er tijdens discussies mee te scoren, en niet om mensen daadwerkelijk te informeren.

Mijn streven is om hier eerlijke, waarheidsgetrouwe cijfers te presenteren, en wel op zo'n manier dat ze inzichtelijk, vergelijkbaar en gemakkelijk te onthouden zijn. Cijfers worden inzichtelijk als ze worden omgerekend naar alledaagse, persoonlijke eenheden. Voor energie wordt gekeken naar de hoeveelheid per persoon in kilowattuur (kWh), dezelfde eenheid die wordt gebruikt op de energierekening. Vermogen wordt uitgedrukt in kilowattuur per dag (kWh/d) per persoon. Zo verbruikt een gemiddelde auto, als daar per dag 50 km mee wordt gereden, 40 kWh per dag. Als we 10% van het land met windmolens vol zouden zetten, levert dat gemiddeld 20 kWh per dag per persoon op.

Persoonlijke eenheden maken het een stuk eenvoudiger om het Verenigd Koninkrijk te vergelijken met andere landen of regio's. Als we bijvoorbeeld kijken naar afvalverbranding, zien we dat in het Verenigd Koninkrijk afvalverbranding per jaar 7 miljard kWh oplevert en in Denemarken 10 miljard kWh.

Kunnen we naar aanleiding daarvan stellen dat Denemarken 'meer' afval verbrandt dan het Verenigd Koninkrijk? Hoewel de totale hoeveelheid in elk land geproduceerde energie een interessant gegeven is, willen we meestal weten hoeveel afval er per persoon wordt verbrand.

(Voor alle duidelijkheid: voor Denemarken is dat 5 kWh/d per persoon; in het Verenigd Koninkrijk 0,3 kWh/d per persoon. De Denen verbranden dus per persoon bijna 17 keer zoveel afval als de Britten) Door vanaf het eerste begin alles per persoon te kwantificeren, krijgen we een beter 'transponeerbaar' boek, dat hopelijk een nuttige bijdrage levert aan de internationale discussie over duurzame energie.

Als we uitgaan van duidelijke cijfers, kunnen we vragen beantwoorden zoals:

- Kan een land als Groot-Brittannië in de eigen behoefte voorzien met eigen hernieuwbare energiebronnen?
- Kunnen we door over te stappen op 'geavanceerde technologieën' een einde maken aan de CO₂-vervuiling zonder onze levensstijl te veranderen?

In deel I van 'Sustainable Energy – without the hot air' zijn in een rood stapeldiagram de energiekosten van een breed spectrum aan energie verbruikende activiteiten onder elkaar gezet. Een groen stapeldiagram geeft alle potentiële hernieuwbare energiebronnen in Groot-Brittannië weer.

Als we naar de cijfers in het rode diagram kijken, sneuvelen er meteen verschillende fabeltjes. Zo wordt bijvoorbeeld het aan laten staan van de mobiele telefoon oplader vaak genoemd als voorbeeld van een ecologische wandaad, terwijl mensen die hun oplader uitzetten worden geprezen omdat ze 'een steentje bijdragen'. In werkelijkheid verbruikt een gemiddelde telefoon oplader slechts 0,01 kWh per dag. De hoeveelheid energie die wordt bespaard als we de oplader uit laten, bedraagt evenveel als de hoeveelheid energie die een rijdende auto in een seconde verbruikt.

Ik wil niet beweren dat opladers niet uitgezet moeten worden, maar 'alle beetjes helpen' is een misleidend cliché. Obsessief je telefoonoplader aan en uitzetten is net zoiets als de Titanic proberen te redden door te hopen met een theelepeltje. Schakel hem vooral uit, maar maak je geen illusies over de impact van dat gebaar.

- Alle energie die je bespaart door je oplader een dag uit te laten staan, wordt tijdens het autorijden in *één seconde* verbruikt.
- De energie die je bespaart als je de oplader *een jaar* uit laat staan, komt overeen met de hoeveelheid energie in een warm bad.

Een oplader zorgt voor maar een fractie van iemands totale energieverbruik.

Als iedereen een beetje doet, dan zullen we maar een beetje bereiken.

Een ander veelzeggend cijfer is de hoeveelheid energie die iemand verbruikt tijdens een lange vlucht. Als je één keer per jaar heen en terug naar Kaapstad vliegt, wordt daarbij ongeveer net zoveel energie verbruikt als wanneer je een jaar lang elke dag 50 km met de auto rijdt.

Een groot deel van het energieverbruik in Groot-Brittannië heeft een vaste vorm. Geïmporteerde industrieproducten worden meestal niet meegeteld in het energieverbruik van Groot-Brittannië, omdat die energie is verbruikt door bedrijven in een ander land. Desalniettemin bedraagt het energieverbruik voor de fabricage van geïmporteerde industrieproducten (zoals voertuigen, machines, witgoed, elektrische apparatuur, elektronica, ijzer, staal en droge bulkproducten) minstens 40 kWh per dag per persoon.

De eerste helft wordt afgesloten met **twee duidelijke conclusies**.

1. Elke faciliteit voor hernieuwbare energie moet van nationale omvang zijn om een bijdrage te leveren die significant is in vergelijking met ons huidige verbruik. Als we bijvoorbeeld in een kwart van het huidige energieverbruik willen voorzien door energiegewassen, dan moet 75% van Groot-Brittannië worden bedekt met biomassa-plantages. Om 4% van ons huidige energieverbruik te kunnen dekken met golfenergie, moet er 500 km aan de Atlantische kust volledig worden volgebouwd met installaties voor golfenergie. Iemand die denkt dat hernieuwbare energie mogelijk is zonder grootschalige, ingrijpende infrastructurele veranderingen, houdt zichzelf voor de gek.
2. Economische beperkingen en bezwaar vanuit de bevolking buiten beschouwing gelaten, zou het mogelijk zijn om de gemiddelde hoeveelheid energie die in Europa wordt verbruikt (125 kWh/d per persoon) op te wekken met voorzieningen voor hernieuwbare energie van nationale omvang. De grootste bijdrage kan worden geleverd door zonnepanelen, als 5% tot 10% van het land ermee wordt bedekt. Dat zou 50 kWh/d per persoon genereren. Windmolenparken voor de kust, die – wanneer ze een stuk zee twee keer zo groot als Wales zouden vullen – leveren gemiddeld nog eens 50 kWh/d per persoon.

Het met panelen volbouwen van het platteland en het met windmolens opvullen van het Britse zeegebied (samen goed voor een totale capaciteit die vijf keer zo groot is als alle windturbines in de hele wereld van nu bij elkaar) is zuiver wetenschappelijk misschien haalbaar, maar zou het publiek zulke extreme maatregelen wel accepteren?

Als het antwoord daarop 'nee' luidt, ontkomen we niet aan de conclusie dat de *huidige consumptie nooit door Britse hernieuwbare energie gedekt zal worden*. Er zal of een radicale vermindering van het gebruik moeten komen, of significante nieuwe energiebronnen - en het liefst beide.

Deel II - Energieplannen die zoden aan de dijk zetten

In het tweede deel van *'Sustainable Energy - without the hot air'* worden zes strategieën onderzocht waarmee het verschil tussen verbruik en hernieuwbare productie, zoals die in het eerste deel wordt beschreven zou kunnen worden opgeheven, gevolgd door een aantal schetsen voor energieplannen voor Groot-Brittannië die daadwerkelijk zoden aan de dijk zetten

De eerste drie strategieën voor het verkleinen van het verschil zijn gericht op de **vraag naar energie**

- bevolkingsbeperking,
- verandering van levensstijl,
- het gebruik van efficiëntere technologie.

De overige strategieën zijn gericht op de **productie van energie**

- met 'duurzame fossiele brandstoffen' en 'schone steenkool' wordt een nieuwe manier van steenkool verbranden aangeduid, waarbij de CO₂ wordt afgevangen en opgeslagen. Hoe kunnen we op een 'duurzame' manier energie uit steenkool halen?
- ook kernenergie is een controversiële mogelijkheid. Is het meer dan een stoplap?
- een derde manier om energie zonder CO₂ op te wekken is het gebruik van hernieuwbare energie uit *andere landen* - met name landen waar de zon veel schijnt, veel open ruimtes zijn en weinig mensen wonen. Wat zijn welbeschouwd de mogelijkheden die de Sahara ons biedt?

Om het verhaal helder te houden, wordt in dit deel van het boek een vereenvoudigde versie van Groot-Brittannië gepresenteerd, waarin slechts drie vormen van verbruik voorkomen: vervoer, verwarming en elektriciteit.

Er komen vijf energieplannen voor Groot-Brittannië aan bod, alle gericht op het verkleinen van de vraag naar energie, door het vervoer en de verwarming (met behulp van warmtepompen) elektrisch te maken. Elektrische voertuigen hebben een bijkomend voordeel. Voor het opladen van de accu's is een grote elektriciteitsvoorziening nodig die gemakkelijk aan en uit kan worden gezet, zodat met slimme opladers de levering kan worden afgestemd op de vraag binnen een elektriciteitsnet waarin hernieuwbare brandstoffen of kernenergie veel worden gebruikt.

De overstap op elektrisch vervoer en elektrische verwarming vraagt uiteraard wel om een aanzienlijke toename van de hoeveelheid gegenereerde elektriciteit. Binnen de vijf plannen wordt door middel van vijf verschillende combinaties van CO₂-loze opties in deze behoefte voorzien. De combinaties komen overeen met verschillende politieke stromingen. Zo maakt plan G, het Groene plan, geen gebruik van 'schone steenkool' of kernenergie, terwijl plan N, het NIMBY-plan ('Not In My Back Yard'), extra veel gebruik maakt van de hernieuwbare energie van andere landen.

Plan E, is het Economische plan, waarbij de nadruk ligt op de meest economische CO₂-loze opties, namelijk windmolenparken op het vasteland, kernenergie en een klein aantal getijdencentrales. Uit deze plannen blijkt duidelijk met welke bouwstenen we een toekomst met minder CO₂ zullen moeten opbouwen.

Als bij een plan niet veel kernenergie of 'schone steenkool' wordt gebruikt, zal dat moeten worden gecompenseerd door hernieuwbare energie te kopen van andere landen. De meest veelbelovende vorm van hernieuwbare energie voor grootschalige ontwikkeling is de concentratie van zonne-energie in de woestijn. Daarbij worden verschillende combinaties van bewegende spiegels, gesmolten zout, stoom en thermische motoren gebruikt om elektriciteit op te wekken.

Om de schaal van een effectief energieplan te illustreren, bevat figuur 9 een kaart van Groot-Brittannië waarop een zesde plan is uitgewerkt. Dit zesde plan is voorzien van elke mogelijke energiebron met lage CO₂-uitstoot. Omdat het ongeveer in het midden van de andere plannen valt, noem ik het plan M.

Het is uiteraard geen wedstrijd. In plaats daarvan draait het om eerlijke feiten over de mogelijkheden die we hebben. Maar toch wil ik even de aandacht vragen voor een paar heilige koeien die een kwantitatieve beoordeling niet met goed gevolg doorstaan, en een paar die dat wel doen.

Slecht:

Voertuigen op waterstof zijn een ramp. De meeste prototypes van voertuigen die op waterstof lopen verbruiken meer energie dan de voertuigen die ze moeten vervangen. De BMW Hydrogen 7 verbruikt 254 kWh per 100 km (ter vergelijking: een gemiddelde Britse auto die op fossiele brandstoffen loopt verbruikt 80 kWh per 100 km).

Goed:

Prototypes van elektrische voertuigen gebruiken daarentegen tien keer zo weinig energie: 20 kWh per 100 km of zelfs 6 kWh per 100 km.

Elektrische voertuigen zijn veel beter dan hybride auto's. De hybride auto's van dit moment presteren in de meeste gevallen hoogstens 30% beter dan auto's op fossiele brandstoffen en moeten worden beschouwd als niet meer dan een eerste stap op weg naar elektrische voertuigen.

Slecht:

Gedecentraliseerde warmtekrachtkoppeling is ook geen vruchtbare optie. Het is waar, dat de koppeling van warmte en vermogen (wat neerkomt op afzonderlijke generatoren voor elk gebouw, die lokaal elektriciteit en warmte opwekken om het gebouw op temperatuur te houden) een iets efficiëntere manier kan zijn om fossiele brandstoffen te gebruiken dan de gebruikelijke (in gecentraliseerde elektriciteitscentrales en lokale condensatieketels). Dit is echter maar 7% efficiënter. En daar gebruiken ze ook nog eens fossiele brandstoffen bij. Was het niet de bedoeling om die juist te vermijden? Er is gelukkig een veel betere manier om lokaal warmte op te wekken: *warmtepompen*.

Goed:

Een warmtepomp is een omgekeerde koelkast. Deze door elektriciteit aangedreven machines pompen warmte het gebouw in, die afkomstig is uit de buitenlucht of de grond. De beste warmtepompen, die onlangs in Japan zijn ontwikkeld, hebben een prestatiecoëfficiënt van 4,9 wat betekent dat voor 1 kWh aan elektriciteit de warmtepomp 4,9 kWh aan warmte levert in de vorm van warme lucht of warm water. Op zo'n manier energie gebruiken om warmte op te wekken is een stuk efficiënter dan hoogwaardige chemische stoffen verbranden, wat een prestatiecoëfficiënt oplevert van slechts 0,9

Slecht:

Windturbines voor op het dak zijn pure verspilling. Ze betalen zichzelf nooit terug.

Goed:

Een zonneboiler op het dak is daarentegen een uitstekende keus. Ze werken echt. Zelfs in Groot-Brittannië, waar het maar zo'n 30% van de tijd zonnig is, levert een bescheiden paneel van 3 m² al genoeg energie voor de helft van het warme water dat een gemiddeld gezin verbruikt.

Slecht:

De telefoonoplader aan en uit zetten is een nutteloze handeling, vergelijkbaar met de Titanic proberen te redden door te hopen met een theelepeltje. Dat het uitzetten van opladers voortdurend ter sprake komt als voorbeeld van 'iets wat je zelf kunt doen' is slecht, omdat daarmee de aandacht wordt afgeleid van effectievere maatregelen.

Goed:

De thermostaat lager zetten is voor de gewone burger de meest effectieve manier om energie te besparen. Voor elke graad die hij lager wordt gezet, dalen de stookkosten met 10% en in de meeste Britse gebouwen zorgt verwarming voor het meeste energieverbruik.

Dit boek is niet bedoeld als definitief naslagwerk vol extreem nauwkeurige cijfers. In plaats daarvan is het bedoeld als illustratie van de manier waarop benaderde cijfers voor een constructieve discussie kunnen worden gebruikt. Dit boek is geen pleidooi voor een bepaald energieplan of een bepaalde technologie. Er wordt een overzicht gegeven van de beschikbare bouwstenen en de omvang daarvan, zodat de lezer zelf een plan kan opstellen dat zoden aan de dijk zet.

Deel III – Technische hoofdstukken

Het derde deel van dit boek gaat dieper in op de natuurkundige achtergrond van energieverbruik en productie. In acht aanhangsels wordt op basis van elementaire uitgangspunten toegelicht waar de cijfers in de eerste twee delen vandaan komen. Zo wordt bijvoorbeeld uitgelegd waarom auto's aanzienlijk energiezuiniger kunnen worden gemaakt en vliegtuigen niet, en hoe het vermogen van windmolenparken, getijdeninstallaties en installaties voor golfenergie op een kladje kunnen worden berekend. Hoewel het overgrote deel van het boek toegankelijk is voor iedereen die een beetje kan rekenen, zijn de aanhangsels gericht op lezers die niet schrikken van formules.

Deel IV – Nuttige informatie

De laatste zestien pagina's van het boek bevatten nog meer referentiegegevens en conversiefactoren waarmee de ideeën in het boek snel kunnen worden aangepast aan de situatie in andere landen en eenheden kunnen worden omgerekend in die van andere organisaties.