

Alle feiten over Zonnespiegelcentrales (CSP) op 4 pagina's

Publicatie van de Stichting ter bevordering van Grootschalige Exploitatie van Zonne-ENERgie (GEZEN), Groningen.

Site: www.gezen.nl , e-mail: voorthuysen@gezen.nl

De elektronische versie van deze tekst is beschikbaar op www.gezen.nl

Mei 2014

CSP in 90 woorden

Concentrating Solar Power is de technologie van zonthermische krachtcentrales. In conventionele centrales wordt de verbrandingswarmte van steenkool, aardgas of olie, of warmte uit een kernreactor gebruikt om stoom op hoge druk te produceren. De stoom voedt een stoomturbine die gekoppeld is aan een stroomgenerator. In een zonthermische krachtcentrale worden de zonnestralen door middel van spiegels samengebundeld naar de ketel van een conventionele krachtcentrale. De zonnehitte vervangt het vuur: CSP-centrales zijn duurzame thermische krachtcentrales. Vaak wordt de zonnewarmte opgeslagen, zodat ook na zonsondergang zonnestroom aan het elektrische net kan worden geleverd.

CSP Technologie

Dit overzicht geeft een samenvatting van de technologie zoals die nu dagelijks wordt toegepast in de CSP-centrales die in bedrijf zijn, zie [Ref.1].

Spiegelsystemen.

De zonnestralen worden gebundeld met behulp van spiegels en geven hun hitte af aan een absorber, waarbij die enorm in temperatuur stijgt. De spiegels moeten voortdurend draaien om de aardrotatie te volgen.

Er bestaan vier soorten CSP-spiegel systemen:

1. Parabolische trogspiegels; ze focuseren op 1 brandlijn, zijn Noord-Zuid gericht en draaien om 1 as
2. Lineaire Fresnelspiegels; ze focuseren op 1 brandlijn en draaien om 1 as.
3. Zonnetorens met een veld heliostaatspiegels die om 2 assen draaien en op 1 brandpunt focuseren.
4. Zonneschotels die op 1 brandpunt focuseren.

Absorbers die de straling opvangen.

De absorbers zijn bedekt met een spectraal-selectieve laag om stralingsverlies tegen te gaan. De absorberbuizen in de brandlijn van de parabolische trogspiegels opereren bij 400°C. Zij zijn thermisch geïsoleerd met behulp van een vacuüm getrokken glazen buis. Het absorbergedeelte van een lineair Fresnelveld bestaat uit een sterk gekromde secundaire spiegel en een absorberbuis die gewoonlijk bij 300 °C werkt zonder vacuüm-isolatie. De absorber in de top van een zonnetoren is of een dikwandige stoomketel, een vat waarin vloeibaar zout wordt opgewarmd tot 565°C, of een keramisch luchttopwarmingssysteem dat temperaturen tot 680°C bereikt. In de absorber van een zonneschotel zet een Stirling-motor warmte om in mechanische energie.

Warmtetransport en opslag.

De huidige parabolische trogcentrales passen een siliconen olie of vloeibaar alkalinitraatzout toe om de warmte van de absorbers naar de stoomketels te transporteren. Bij lineaire fresnelssystemen wordt direct stoom geproduceerd in de absorberbuizen.

Opslag van warmte maakt het mogelijk dat CSP-centrales ook na zonsondergang stroom kunnen leveren. De werkzame stof is vloeibaar Na/KNO₃, steen/beton of grafiet. Bij trogspiegelcentrales

varieert de temperatuur tussen 300 en 400°C. Bij zonnetorens varieert de temperatuur tussen 290 en 565°C, dus over een groter traject.

Energieopslag in de vorm van warmte bij hoge temperatuur is goedkoop en de verliezen zijn veel kleiner dan bij de conventionele energieopslag door het oppompen van water in hoog gelegen stuwmeren.

Omzetting van warmte in elektriciteit.

De warmte wordt gebruikt om oververhitte stoom te produceren. Deze stoom expandeert in stoomturbines die elektrische generatoren aandrijven. De stoom wordt halverwege de expansie in de turbines opnieuw verwarmd. Lineaire Fresnelcentrales werken met natte stoom en turbines die met natte stoom overweg kunnen. In de absorber van een zonneshotel zet een Stirling-motor warmte om in mechanische energie.

Koeling.

Zonthermische krachtcentrales worden gewoonlijk gekoeld met behulp van koeltorens waarin water wordt verdampt. Steeds meer centrales worden gekoeld met lucht omdat er onvoldoende water beschikbaar is, maar dit gaat ten koste van het rendement.

Benodigd grondoppervlak.

Een CSP-centrale van 100 MW zonder warmteopslag in een land met een woestijnklimaat heeft een spiegeloppervlak van ongeveer 1 km² en een landoppervlak van ongeveer 4 km² nodig. Een zonnecentrale die qua prestatie vergelijkbaar is met een modale kerncentrale of kolencentrale, dus een CSP-centrale van 1 GW met voldoende warmteopslagcapaciteit om dag en nacht continu stroom te kunnen leveren legt beslag op een terrein van ongeveer 100 km² oftewel 10 x 10 km.

Een dergelijke centrale levert $10^9 \times 365 \times 24 \times 3600$ Ws/jaar = 3×10^{16} J/jaar.

Het totale wereldverbruik aan energiebronnen (kolen, olie, gas, uranium, hernieuwbaar) is 5×10^{20} J/jaar. Als we dit totale verbruik zouden willen leveren met CSP, dan hebben we hiervoor $5 \times 10^{20} / 3 \times 10^{16} = 17000$ centrales van 1 GW nodig, die beslag leggen op 1,7 miljoen km² aan woestijngrond. Dit is gelijk aan het oppervak van een land als Libië.

Combinatie van CSP en fossiele brandstoffen.

Sommige CSP centrales verbruiken gas als ondersteuning van de bedrijfsvoering en ter verhoging van het warmte → elektriciteit rendement. Er bestaan ook gascentrales en kolencentrales waarin een veld van trogspiegels overdag extra warmte levert, zodat er gas of kolen bespaard worden.

Transport van elektriciteit over grote afstand.

Elektriciteit kan over grote afstanden worden getransporteerd dmv. High-Voltage Direct-Current (HVDC) technologie. De energieverliezen tijdens transport van elektriciteit van Zuid-Marokko naar Centraal-Europa zijn 10-14%.

De bijdrage van CSP aan de energievoorziening op de wereld.

In april 2014 is de wereldwijde capaciteit aan CSP-centrales bijna 4 GW, verdeeld over 10 landen. Er staat meer dan 2 GW in aanbouw in 8 verschillende landen. In het perspectief van een totale mondiale opwekkingscapaciteit van 5100 GW is de CSP-bijdrage nog gering. Ook vergeleken met foto-voltaische zonne-energie (PV), 140 GW, en windenergie, 320 GW, is de CSP-bijdrage bescheiden. Daar staat wel tegenover dat de capaciteitsfactor van CSP aanzienlijk hoger is dan van PV en wind dankzij de warmteopslag. De verklaring van de achterstand van CSP is, dat om allerlei redenen de groei van CSP veel later is begonnen dan die van PV en wind. In de gezaghebbende scenario's voor een wereldwijde fossiele energievoorziening wordt CSP onmisbaar geacht omdat CSP de enige zonne-energie technologie is die in staat is om op ieder moment van het etmaal stroom te leveren.

De kosten van CSP

De Levelized Cost of Electricity (LCOE), dat is de verkoopprijs per kilowattuur aan het hek van de centrale, hangt sterk af van het klimaat, de geografische locatie en de rente. Als voorbeeld geven we de in aanbouw zijnde 160 MW trogspiegelcentrale NOOR I in Ouarzazate (Marokko) met 3 uur warmteopslagcapaciteit en luchtkoeling. Deze centrale heeft een 25-jaars leveringscontract voor 1,62 Dirham/kWh = 14,4 ¢cent/kWh. Deze prijs is nog steeds aanzienlijk hoger dan van conventionele gas- en kolencentrales. De CSP-sector heeft zich het afgelopen decennium geconsolideerd in een aantal bedrijven in Spanje, de VS, Duitsland en in mindere mate in enkele andere landen. Er is hiermee een basis gelegd voor het optreden van een leercurve naar lagere kilowattuurkosten, net zoals reeds veel langer het geval is met de rivaliserende technologieën zon-PV en wind. Maar evenals PV en wind-op-zee heeft CSP nog vrij lang ondersteuning nodig in de vorm van Feed-In tarieven en/of belastingfaciliteiten. Momenteel zijn de kosten van CSP hoger dan die van PV en van wind op land. Maar als de exploitant van een CSP-centrale met warmteopslag zijn elektriciteit vooral verkoopt tijdens de uren waarin de elektriciteitsprijs het hoogst is, kan dit nadeel ten opzichte van PV en wind gecompenseerd worden. De kosten van CSP in de zonnige landen zijn lager dan die van wind op de Noordzee.

Politieke ondersteuning voor CSP

Waarom is politieke steun voor CSP nodig?

Van alle duurzame energiebronnen heeft zonne-energie verreweg het grootste potentieel. CSP is de enige technologie voor zonne-energie die continu stroom kan leveren en daarom in staat is om kolencentrales te vervangen. CSP is dus de beste technologie om het klimaatprobleem en het energieprobleem op te lossen. Zolang de kilowattuurprijs van zonthermische centrales hoger is dan die van centrales op fossiele brandstof zouden alle overheden wetgeving moeten maken die ondernemingen en banken dwingt, of tenminste verleidt om te investeren in CSP.

Maatregelen op nationaal niveau.

Zonthermische energie heeft het vooruitzicht om rendabel te worden in 90 landen, de zogenaamde "zonnige landen". Ontwikkelde landen met een sterke zonnestraling zoals Australië en Zuid-Afrika zouden de succesvolle 'obligatory portfolio standards laws' van Californië en Nevada moeten overnemen of CSP-investering moeten stimuleren door middel van een Feed-In wet zoals die lange tijd succesvol is geweest in Spanje.

Olie en gas exporterende landen in zonovergoten gebieden zouden een deel van hun hoge inkomsten in CSP-centrales moeten investeren en hun elektriciteitsproductie moeten overschakelen van olie en gas naar zonne-energie. Dit gebeurt al in de Emiraten, Iran en Algerije. Hierdoor komt olie en gas, die anders gebruikt wordt voor eigen stroomproductie, beschikbaar voor de wereldmarkt. Deze landen kunnen tevens exporteurs worden van zonnestroom. Regeringen van OECD-landen waar de zon minder schijnt zouden moeten stimuleren dat hun nationale energiebedrijven in CSP gaan investeren in armere zonnrijke landen zoals in Afrika.

Maatregelen op bi- en trilateraal niveau.

Zon-arme OECD-landen en zonnrijke landen (bv. Nederland en Marokko), moeten de handen ineen slaan: bedrijven uit beide landen investeren in zonnetechnologie in het zuiden en bv. windenergie in het noorden. Beide landen presenteren zich als één partij voor het behalen van internationale klimaatdoelstellingen tot wederzijds voordeel [Ref.2], zonne-energie in Marokko is immers goedkoper dan wind op de Noordzee.

Landen die gas exporteren en verhandelen zoals Algerije, Libië en Nederland moeten samenwerken teneinde een deel van hun grote gasbaten te benutten voor investeringen in CSP. Deze landen moeten een samenwerkingsverband opstarten, dat CSP-investeringen koppelt aan een voorkeurspositie voor de levering van gas, waardoor de zogenaamde 'Gas-Rotonde' een 'Gas-

CSP-Rotonde' wordt.

Nederlandse energiebedrijven kunnen in Zuid-Europa en Noord-Afrika CSP-centrales bouwen met HVDC leidingen naar Nederland. Hiermee kan Nederland aan een belangrijk deel van zijn Europese verplichtingen aan duurzame energieopwekking voldoen.

Maatregelen op Europees en MENA-niveau.

(MENA=Middle East & North Afrika). Het DESERTEC Industrial Initiative en de DESERTEC-Foundation [Ref.3] bevorderen de bouw van CSP-centrales in Noord-Afrika. Grootschalige zonne-energie is een belangrijk onderdeel van de Mediterrane Unie [Ref.4]. EUROSUNMED is een samenwerking tussen bedrijven en universiteiten voor de ontwikkeling van PV en CSP [Ref.5]. Een Solar Mobilization Fund [Ref.6] met een miljard euro startkapitaal moet worden opgericht als betrouwbare zakenpartner voor maatschappijen die investeren in CSP in zonnrijke landen die als minder stabiel beschouwd worden. Het SMF koopt elektriciteit en water van de exploitanten van de zonnecentrales en verkoopt het tegen concurrerende lokale prijzen aan plaatselijke netbeheerders. De verliezen van het SMF worden gedekt door de Europese en (in mindere mate) MENA-regeringen, of door de Europese stroomverbruikers.

Maatregelen op wereld (Verenigde Naties) niveau.

Met een bedrag dat gelijk staat aan 18% van één jaar bruto binnenlands product (BBP) van alle landen ter wereld kan de hele elektriciteitsvoorziening overschakelen van steenkool, aardgas, olie en uranium naar de zon als primaire energiebron [Ref.7]. Met andere woorden, als de wereld zou besluiten om 1% van zijn BBP te investeren in zonthermische centrales, dan zouden alle kolengestookte centrales binnen 20 jaar buiten gebruik gesteld kunnen worden en gesloten. De belangrijkste bron van CO₂-uitstoot zou dan ingedamd zijn. De grootste aanval op ons klimaat zou zijn afgeslagen.

Zonne-energie, en vooral CSP moet op de politieke agenda komen!

De jaarlijkse CO₂-uitstoot had al lang moeten dalen, maar het tegendeel is de realiteit. Het jongste rapport van IPCC is ronduit alarmerend. In alle wereldscenario's die een geloofwaardige transitie beschrijven naar een wereldeconomie waarin de opwarming beperkt blijft tot 2 graden speelt CSP een prominente rol. Deze vorm van duurzame energie is daarom ook relevant voor Nederland en dient door alle politieke partijen te worden gesteund.

Literatuur en websites

1. Kompleet overzicht van functionerende en in aanbouw zijnde CSP-centrales:
<http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/> en
http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_solar_thermal_power_stations
2. Nederlands-Marokkaans Zonne-Energie Plan, zie <http://www.gezen.nl/wordpress/wp-content/uploads/2014/05/Nederlands-Marokkaans-Zonne-Energie-Plan.pdf>
3. DESERTEC, <http://www.dii-eumena.com> en <http://www.desertec.org>
4. De Unie voor de Mediterrane Regio verenigt de 28 EU-staten met 16 landen uit MENA
http://en.wikipedia.org/wiki/Union_for_the_Mediterranean
5. Euro-Mediterranean Cooperation on Research & Training in Sun Based Renewable Energies,
www.eurosunmed.eu
6. The International Solar Mobilization Fund, zie: <http://www.gezen.nl/wordpress/wp-content/uploads/2014/05/The-International-Solar-Mobilization-Fund-2.pdf>
7. E.H. du Marchie van Voorthuysen, *Two scenario's for a Solar World Economy*, Int. J. Global Environmental Issues Vol. 8, No. 3, 2008, of: <http://www.gezen.nl/wordpress/wp-content/uploads/2014/05/ArtikelIJGlobalEnergyIssues.pdf>