

# **Alle feiten over Zonthermische Energie (CSP)**

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

**Site: [www.gezen.nl](http://www.gezen.nl) , e-mail: [info@gezen.nl](mailto:info@gezen.nl)**

De elektronische versie van deze tekst kan worden gedownload van:  
<http://www.gezen.nl/wordpress/wp-content/uploads/2008/06/fact-sheet-csp-nederlands-3.pdf>

*Oktober 2009*

## **CSP in 70 woorden**

Concentrating Solar Power is de technologie van zonthermische krachtcentrales. In conventionele centrales wordt de verbrandingswarmte van steenkool, aardgas of olie, of 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 zonnestrallen door middel van spiegels samengebundeld naar de ketel van een conventionele krachtcentrale. De zonnehitte vervangt het vuur: CSP-centrales zijn duurzame thermische krachtcentrales..

## **CSP Technologie**

### **Spiegelsystemen.**

De zonnestrallen 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 lijn, zijn Noord-Zuid gericht en draaien om 1 as
2. Lineaire Fresnelspiegels; ze focuseren op 1 lijn en draaien om 1 as.
3. Zonnetorens met een veld heliostaatspiegels die om 2 assen draaien en op 1 punt focuseren.
4. Zonneschotels die op 1 punt 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 vacuum getrokken glazen buis. Het absorbergedeelte van een lineair Fresnelveld bestaat uit een secundaire spiegel en een absorberbuis die gewoonlijk bij 300 °C werkt zonder vacuum-isolatie. De absorber in de top van een zonnetoren is of een dikwandige stoomketel, of een keramisch luchttopwarmingssysteem dat temperaturen tot 800 °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 toe om de warmte van de absorbers naar de stoomketels te transporteren. De toepassing van vloeibare alkali-nitraten die een betere thermische stabiliteit hebben wordt onderzocht. Bij lineaire fresnelssystemen wordt direct stoom geproduceerd in de absorberbuizen.

Opslag van warmte maakt het mogelijk om CSP-centrales ook 's nachts te laten werken. De werkzame vloeistof is Na/KNO<sub>3</sub> van 300-400 °C. Bij thermocline opslag wordt tot 80% van de warmte opgeslagen in goedkope materialen als grind of beton.

### **Turbines.**

De turbines van parabolische trogcentrales worden gevoed met oververhitte stoom en de stoom wordt halverwege de expansie in de turbines opnieuw verhit door de spiegels.

Lineaire fresnelcentrales werken met natte stoom en turbines die met natte stoom overweg

kunnen. Door zonnearmte aangedreven gasturbines in zonnetorens maken het in de toekomst mogelijk om combined-cycle zonnecentrales te bouwen.

### **Koeling en zeewaterontzilting.**

Zonthermische krachtcentrales worden gewoonlijk gekoeld met behulp van koeltorens die water verbruiken. Sommige leveranciers leveren centrales af die worden gekoeld met lucht zodat kostbaar water wordt bespaard. CSP-centrales langs de kust kunnen worden uitgerust met een zeewater ontziltingsfabriek gebruikmakend van MED of membraandestillatie, waarbij restwarmte uit de centrale wordt gebruikt als warmtebron voor het destillatieproces.

### **Transport van elektriciteit over grote afstand.**

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

### **Huidige stand van zaken m.b.t. CSP (oktober 2009)**

De zonthermische centrales die tussen 1985-1991 in Californië werden gebouwd, in totaal 350 MW, werken goed. Na een stagnatie van 15 jaar groeien de investeringen in CSP snel.

De functionerende zonnespiegelcentrales die na 2005 zijn gebouwd zijn:

Spanje: PS10 en PS20, Sevilla, 31 MW zonnetorens

Andasol 1. Guadix, 50 MW trogspiegels met 7 uur energieopslag

USA: Nevada Solar 1, Boulder City, 64 MW trogspiegels

Kimberlina, 5 MW Fresnelspiegels

Duitsland: Solarturm Jülich, 1,5 MW zonnetoren.

In Spanje en Amerika zijn zonnespiegelcentrales in aanbouw met een totale capaciteit van 400 MW. Verder wordt er gebouwd aan centrales in Egypte, Algerije en Marokko. Het totaal aan plannen voor nieuwe CSP-centrales op de wereld telt vele gigawatt.

### **Kosten van CSP**

#### **Algemeen**

CSP staat nog aan het begin van de leercurve. De prijs per kilowattuur is ongeveer gelijk aan die van windturbines in 1985. Ze hangt af van de gemiddelde intensiteit van de instraling van direct zonlicht (DNI). Op plaatsen met een hoge DNI (>2500 kWh/m<sup>2</sup>/a) zoals in Californië kost CSP momenteel 12-14 €ct./kWh, maar in een minder gunstige lokatie als Zuid-Spanje bedraagt zij rond de 22 €ct./kWh. De kapitaalkosten wegen het zwaarst, met name de kosten van de spiegelvelden. Ze bedragen ongeveer 200 €/m<sup>2</sup>, de absorbers inbegrepen. Zie ook Ref.7.

#### **Zuid-Marokko.**

Op gunstige lokaties in Zuid-Marokko is de DNI 2500 kWh/m<sup>2</sup>/a. Het 24-uurs gemiddelde van de instralingskracht op een horizontaal oppervlak is 1440 kWh/m<sup>2</sup>/a. Uitgaande van 8 uur effectieve zonneschijn per dag geeft dit een instraling op de spiegels van gemiddeld 493 W/m<sup>2</sup>. Het optisch rendement (zonnearmte → stoom) is ongeveer 60%, het elektrische rendement (stoom → electriciteit) 33%, dus de opbrengst van het spiegelveld in Marokko is 98 W/m<sup>2</sup> of 98 MW/km<sup>2</sup>. Een standaard 50 MW CSP-centrale zonder warmteopslag heeft 0,51 km<sup>2</sup> spiegeloppervlak nodig. De investering voor het spiegelveld is derhalve ongeveer €100 miljoen. De investeringen voor het conventionele gedeelte van de krachtcentrale (turbines, generators, koeling enz.) komt hier nog bovenop.

#### **CSP-kosten in de toekomst.**

In een uitgebreid rapport van Sargent&Lundy [Ref.1] is een analyse gemaakt van alle factoren die de kosten van parabolische trogcentrales en zonnetorens omlaag brengen. Mede dankzij externe beoordeling is de wetenschappelijke kwaliteit van het rapport hoog. Het resultaat van dit onderzoek is aldus:

Wanneer een doorlopend en consistent investeringsprogramma voor CSP wordt uitgevoerd, dat leidt tot de aanleg van tenminste 3 GW in 15 jaar, zal de kilowattuurprijs van zonthermische centrales in Marokko dalen tot ongeveer 6 \$ct./kWh of 5 €ct./kWh.. De investeringskosten voor de

HVDC verbinding naar Nederland en de verliezen in de leidingen en transformatiestations brengen een kostenverhoging teweeg van ongeveer 1,5 €ct./kWh. In de toekomst zal zonnestroom dus dag en nacht beschikbaar zijn in Duitsland en Nederland voor ongeveer 6,5 €ct./kWh. Du Marchie [Ref.2] deed onderzoek naar wereldwijde scenario's voor zonne-energie, uitgaande van een prijs voor spiegelvelden van 40 €/m<sup>2</sup>. Er is een totaal wereldwijd scenario voor zonne-energie ontworpen dat ook thermische energieopslag, opslag van chemische energie (nog te ontwikkelen) en stroomtransport over 3500 km omvat, rekening houdend met schommelingen in vraag.

Het Amerikaanse Department of Energy (DEO) stelde het volgende in een Report to Congress [Ref.3]:

'Aan het eind van een periode van 14 jaar zou CSP honderden gigawatts electriciteit kunnen leveren tegen 5-6 \$ct./kWh, zonder aanvullende subsidies terwijl daarnaast de economie, het milieu en de veiligheid ermee gebaat zijn. Federale beleidsmakers moeten de voordelen van subsidie voor een ruimere toepassing van CSP afwegen tegen kosten voor belastingbetalers en afnemers van electriciteit.'

### **Politieke ondersteuning voor CSP**

#### **Waarom is politieke steun voor CSP nodig?**

Van alle duurzame energiebronnen heeft zonne-energie verreweg de meeste mogelijkheden. CSP is de enige technologie voor zonne-energie die continu stroom kan leveren en daarom in staat om kolencentrales te vervangen. CSP is dus de beste technologie om het klimaatprobleem, het energieprobleem en het waterprobleem op te lossen. Zolang nog 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.

#### **Huidige situatie (2009)**

In het Zuidwesten van de VS is de vraag naar stroom overdag maximaal vanwege het grote verbruik van air conditioning, wat resulteert in hoge energieprijzen gedurende de dag. Onder deze omstandigheden zijn CSP-centrales reeds levensvatbaar. De verplichte quota die netbeheerders dwingen om een bepaalde hoeveelheid duurzame electriciteit te produceren vormen een effectieve drijfveer in de richting van CSP-investeringen, omdat CSP reeds de goedkoopste optie voor duurzame energie is op deze lokaties. De verlenging van de Federal Investment Tax Credit Law (ITC), die in 2008 goedgekeurd is door het Amerikaanse Congress zal energiebedrijven over de drempel helpen voor serieuze investeringen in CSP. Verdere stimulering wordt verwacht als de nieuwe klimaat- en energiewet van President Obama wordt goedgekeurd. In Spanje trekt een effectieve feed-in wet, die 26 €ct./kWh garandeert in de eerste 25 jaar van de CSP-investering, veel particulier vermogen aan voor CSP-investeringen. Deze wet staat momenteel onder politieke discussie. De hoop is dat deze wet wordt verlengd, maar de verwachting is wel dat het tarief per geleverde kilowattuur zal worden verlaagd. Veel andere zonnige landen werken aan feed-in wetten voor zonne-energie. De credietcrisis heeft echter een remmend effect omdat banken zeer terughoudend zijn geworden om leningen te verschaffen.

#### **Maatregelen op landelijk niveau.**

Zonthermische energie heeft het vooruitzicht om rendabel te worden in 90 landen, de zogenaamde 'zonnige landen'. Ontwikkelde landen met een grote DNI als Australië en Zuid-Afrika zouden de succesvolle 'obligatory portfolio standards laws' van Californië en Nevada moeten overnemen of CSP-investering stimuleren door middel van de succesvolle Spaanse Feed-in wet.

Olie en gas exporterende landen in zonoevergoten 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. 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 nutsbedrijven in CSP gaan investeren in arme zonnrijke landen bv. in Afrika ten zuiden van de Sahara.

### **Maatregelen op bi- en trilateraal niveau.**

Zon-arme OECD-landen en zonrijke landen (bv. Nederland en Tunesië, of Nederland en Spanje) moeten de handen ineenslaan: bedrijven uit beide landen investeren in zonnetechnologie in het zuiden en bv. windenergie in het noorden. Beide landen presenteren zich als één partij in de komende post-Kyoto onderhandelingen, wat ze in staat stelt zwaardere verplichting tot CO<sub>2</sub>-reductie voor minder geld te accepteren.

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 [Ref.6].

Nederlandse energiebedrijven kunnen in Zuid-Europa 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 [Ref.4] behelst de bouw van 100 gigawatt aan CSP-centrales in Noord-Afrika die 15% van de Europese elektriciteitsverbruik gaan opwekken. Grootschalige zonne-energie is een belangrijk onderdeel van de Mediterrane Unie [Ref.8].

Een Solar Mobilization Fund [Ref.5] met een miljard euro startkapitaal moet worden opgericht als betrouwbare zakenpartner voor maatschappijen die investeren in CSP in zonrijke landen die als minder stabiel beschouwd worden. Het SMF koopt electriciteit 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.2]. 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 CO<sub>2</sub>-uitstoot zou dan ingedamd zijn. De grootste aanval op ons klimaat zou zijn afgeslagen.

## **Literatuur en websites**

1. Sargent&Lundy, *Assessment of Parabolic Trough and Power Tower Solar Technology Cost and Performance Forecasts*, zie: <http://www.osti.gov/bridge/purl.cover.jsp?purl=/15005520-kLbVbt/native/>
2. E.H. du Marchie van Voorthuysen, *Two scenario's for a Solar World Economy*, Int. J. Global Environmental Issues Vol. 8, No. 3, 2008, zie ook: [http://www.gezen.nl/wordpress/wpcontent/uploads/2008/05/03\\_voorthuysen.pdf](http://www.gezen.nl/wordpress/wpcontent/uploads/2008/05/03_voorthuysen.pdf)
3. *Report to Congress on Assessment of Potential Impact of Concentrating Solar Power for Electricity Generation*, 2007, zie: <http://www.nrel.gov/csp/troughnet/pdfs/41233.pdf>
4. DESERTEC Industrial Initiative, [www.desertec.org](http://www.desertec.org)
5. E.H. du Marchie van Voorthuysen, *The International Solar Mobilization fund (SMF)*, zie: <http://www.gezen.nl/wordpress/wp-content/uploads/2007/10/the-international-solar-mobilizationfund.pdf>
6. Plan Heetebrij. Zie: <http://www.gezen.nl/archief/HeetebrijCSPGasplan2006.pdf>
7. E.C. Molenbroek en E. de Visser, *Elektriciteit uit geconcentreerde zonne-energie op korte termijn*, PDCSNL062218, Ecofys 2006 zie: [http://www.gezen.nl/wordpress/wp-content/uploads/2006/11/ecofys\\_nov\\_2006\\_csp\\_korte\\_termijn.pdf](http://www.gezen.nl/wordpress/wp-content/uploads/2006/11/ecofys_nov_2006_csp_korte_termijn.pdf)
8. De Unie voor de Mediterrane Regio verenigt de 27 EU-staten met 16 landen uit MENA <http://www.europa-nu.nl/9353000/1/j9vvh6nf08temv0/vhiwgqviipyk>