



Ricerca di Sistema elettrico

Supporto ai ministeri e collaborazioni internazionali: rapporto sulle attività svolte

M. Falchetta, A. Giaconia

SUPPORTO AI MINISTERI E COLLABORAZIONI INTERNAZIONALI: RAPPORTO SULLE ATTIVITÀ SVOLTE

M. Falchetta, A. Giaconia (ENEA)

Settembre 2013

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Annuale di Realizzazione 2012

Area: Produzione di energia elettrica e protezione dell'ambiente

Progetto: ENERGIA ELETTRICA DA FONTE SOLARE

Obiettivo: Supporto ai ministeri e collaborazioni internazionali

Responsabile del Progetto: Domenico Mazzei, ENEA

Indice

SOMMARIO.....	4
1 INTRODUZIONE.....	4
1.1 STRUTTURA ORGANIZZATIVA DI SOLARPACES	5
1.2 PARTECIPAZIONE ITALIANA	6
2 ATTIVITÀ 2013.....	6
2.1 TASK I	7
2.2 TASK II	8
2.3 MEETING DEL COMITATO EERA JP-CSP E DEL PROGETTO STAGE-STE	9
2.4 TASK III	9
2.5 CONFERENZA SOLARPACES	9
3 VISITE AGLI IMPIANTI	12
3.1 IMPIANTO DI IVANPAH.....	12
3.2 IMPIANTO DI CRESCENT DUNES (TONOPAH)	14
4 MEETING COMITATO ESECUTIVO (EXCO) SOLARPACES	19
5 VALUTAZIONI CONCLUSIVE.....	20
6 ABBREVIAZIONI ED ACRONIMI.....	21
ALLEGATI.....	22

Sommario

SolarPACES (acronimo di Implementing Agreement for the establishment of a project on Solar Power and chemical Energy Systems) è l'Implementing Agreement dell'IEA (International Energy Agency) che si occupa specificamente di tecnologia solare termodinamica e di produzione di idrogeno solare per via termica. SolarPACES ha lo scopo di favorire il contatto fra ricercatori operanti nella R&S sui sistemi solari termodinamici e opera tramite un Comitato Esecutivo (exco) che si riunisce 2 volte l'anno e tramite gruppi di lavoro afferenti a 6 Task specifici (Impianti, Chimica Solare, Tecnologia dei componenti, Calore di processo, Risorse solari, Dissalazione solare). Organizza inoltre annualmente la Conferenza internazionale più prestigiosa nel campo della R&S nel settore Solare termodinamico /chimica solare ad alta temperatura. L'attività dell'Italia, che ha aderito a SolarPACES nel 2009, nel 2013 ha comportato:

- la partecipazione dell'ing. Massimo Falchetta ai meeting del Task I
- la partecipazione dell'ing. Massimo Falchetta alla conferenza SolarPACES2013, con annesse visite tecniche a due grandi impianti solari a torre centrale (392 Mw e 110 MW rispettivamente)
- La partecipazione dell'ing. Massimo Falchetta, nelle vesti di rappresentante italiano, al meeting del comitato esecutivo (ExCo) che si è svolto sempre a Las Vegas (USA),
- Il contributo dell'ing. Giaconia e del dr. Montecchi ai lavori del Task II (Chimica solare) e Task III (guidelines su misura della qualità ottica dei collettori).

I meeting e la conferenza si sono svolti a Las Vegas, dal 16 al 22 settembre 2013.

Sono stati presentati 2 rapporti tecnici, che verranno allegati ai proceedings della conferenza e un poster sulla situazione italiana, oltre alle presentazioni ai vari meeting (Task I, Task II e exco).

La partecipazione a queste attività oltre a consolidare e acquisire nuovi contatti con ricercatori e operatori internazionali, ha consentito di acquisire una serie di informazioni di prima mano, che sono descritte nel Rapporto.

1 Introduzione

ENEA partecipa dal 2009 all'Implementing Agreement dell'IEA denominato SolarPACES (acronimo di Implementing Agreement for the establishment of a project on Solar Power and chemical Energy Systems) www.solarpaces.org.

SolarPACES è stato istituito negli anni '70 del secolo scorso con lo scopo di favorire lo scambio di informazioni fra ricercatori e organismi operanti nella R&S degli impianti solari a concentrazione (sia per produzione di energia elettrica/calore ad alta temperatura, che per la produzione di combustibili di sintesi derivati da energia solare: es. idrogeno e più in generale attività di chimica solare).

SolarPACES ovviamente costituisce anche uno strumento di scambio di informazioni di tipo più commerciale/applicativo, e promuove comunque l'impiego e la diffusione delle tecnologie solari a concentrazione.

SolarPACES riunisce esperti da varie parti del mondo; la partecipazione a SolarPACES avviene tramite una serie di organismi di ricerca e industriali (Parte Contraente o Contracting Party) in rappresentanza attualmente di 20 paesi (uno è la Commissione Europea). La lista ufficiale è: Australia, Austria, Algeria, Brasile, Cina, Egitto, Commissione Europea, Francia, Germania, Israele, Italia, Messico, Marocco, Sud Corea, Sud Africa, Spagna, Svizzera, Emirati Arabi Uniti, USA. L'India, partecipa spesso come "invited". Recentemente l'Austria ha espresso l'intenzione di ritirarsi dall'IA ma si è aggiunto però il Giappone, subentrato alla Mitsubishi che agiva da "sponsor", in quanto si è recentemente ri-creato un forte interesse

tecnologico/industriale fra le aziende giapponesi, ai fini di rafforzare l'export tecnologico, sforzo riconosciuto dal governo giapponese sotto l'ombrello del NEDO.

Il Giappone si unisce quindi a Germania, Svizzera e Sud Corea come candidato "esportatore di tecnologia solare" (in quanto, al pari di questi ultimi paesi, non possiede di un sostanziale potenziale di sfruttamento interno ma un potenziale tecnologico); esportazione soprattutto verso le zone della fascia solare ad alto irraggiamento (Solar Belt) che comprendono gran parte delle aree deserti o pre-desertiche: Nord Africa, Medio Oriente, Sud-Ovest degli Stati Uniti, Africa del Sud, Australia, Cile/Argentina e deserti dell'Asia centrale e dell'estremo Oriente.

Altri paesi, come gli Stati Uniti e Spagna in primis, ma anche Cina, India, Sud Africa, sono invece candidati sia a sviluppare know-how che a realizzare impianti sul proprio territorio.

L'Italia è in una posizione intermedia, in quanto ha un potenziale tecnologico, soprattutto nella tecnologia dei sali fusi nei collettori parabolici lineari, e dispone di un potenziale di sfruttamento interno (in termini di impianti realizzabili in Italia) non trascurabile ma comunque più limitato rispetto ai paesi della "Solar belt".

1.1 *Struttura organizzativa di SolarPACES*

Tutte le attività SolarPACES sono supervisionate da un Comitato Esecutivo (ExCo) composto da membri nominati da ogni paese aderente. L'ExCo si riunisce due volte l'anno per formulare obiettivi strategici, indirizzare il programma di lavoro, esaminare i risultati, e produrre un rapporto per l'IEA che viene diffuso fra gli aderenti.

Lo scopo principale di SolarPACES è facilitare, coordinare e supportare la ricerca, lo sviluppo e la dimostrazione nel campo delle tecnologie solari a concentrazione, attraverso la collaborazione internazionale e lo scambio di informazioni, con l'obiettivo di sviluppare e commercializzare tecnologie solari sostenibili, affidabili, efficienti e competitive sul piano dei costi. La cooperazione con l'industria del settore è un elemento chiave nelle attività di SolarPACES; più di un quarto dei paesi aderenti hanno designato un soggetto industriale o una utility come Parte Contraente.

Le attività di SolarPACES sono attualmente strutturate in 6 Task, ognuno dei quali è diretto da un Operating Agent (OA):

I - Impianti solari termodinamici per produzione elettrica – OA: NREL (USA)

II - Ricerca nel campo della Chimica Solare – OA: PSI (Svizzera)

III - Ricerca nel campo delle Tecnologie solari a concentrazione – OA: DLR (Germania)

IV – Calore solare per processi industriali, gestito in collaborazione con il Task 33 dell'IEA Solar Heating and Cooling Program, recentemente riattivato in collaborazione con IEA-SHC.

V - Gestione dei dati sulle Risorse Solari – OA: Suntrace (Germania)

VI - Applicazioni industriali alla dissalazione e trattamento dell'acqua - OA: Ciemat (Spagna)

Il budget di SolarPACES recentemente è cresciuto notevolmente per l'arrivo di nuovi paesi, e attualmente si aggira sui 380.000 euro, di cui 150.000 dalle quote annuali ricevute e 230.000 surplus dalle precedenti gestioni. Le spese vanno a coprire eventuali costi organizzativi delle Conferenze non coperti dalle iscrizioni dei delegati, le attività della segreteria tecnica (DLR) e alcuni progetti di tipo tecnico (in genere l'elaborazione di guidelines o roadmaps su temi specifici) che ricevono generalmente un contributo di 25 k€ per spese di missione e di tipo generale.

A parte questi progetti "speciali" SolarPACES normalmente non fornisce risorse aggiuntive dirette alle attività di ricerca. Dal 2010 il contributo annuale (attualmente pari a 10.500 €) copre le spese per le attività di tipo cooperativo approvate dall'ExCo, incluse missioni START¹, la pubblicazione e distribuzione di documenti, attività tese ad aumentare la conoscenza internazionale nel campo, e attività di sviluppo specifiche definite in ambito ExCo. In particolare viene redatto un rapporto annuale e vengono curati rapporti in collaborazione con organismi promotori, per esempio con GreenPeace (Global Concentrating Solar Power Outlook – 09) realizzato congiuntamente nel 2009.

¹ Missioni START sono missioni di esperti con l'obiettivo di aiutare nuove nazioni candidate a intraprendere un approccio razionale all'installazione di impianti solari termodinamici sul proprio territorio

1.2 Partecipazione italiana

Il rappresentante italiano in seno all'ExCo è l'ing. Massimo Falchetta di ENEA; il membro supplente è l'ing. Vittorio Brignoli di RSE (ex ERSE, ex CESI ricerca).

La partecipazione della gran parte dei partecipanti italiani è in generale coperta dai rispettivi organismi.

Da un paio d'anni SolarPACES copre le spese di iscrizione alla Conferenza per ogni membro nazionale del Comitato Esecutivo, nella fattispecie per l'ing. Massimo Falchetta.

L'Italia partecipa correntemente ai Task I (impianti), II (Chimica solare) e III (Componenti) sia con ricercatori ENEA che (più saltuariamente) di altri organismi (Politecnico di Milano, ASE, Reflex, ENEL, Struttura Informatica).

2 Attività 2013

L'attività 2013 si è concretizzata nei seguenti aspetti:

- la partecipazione dell'ing. Massimo Falchetta al meeting del Task I (Impianti solari) in relazione al Gruppo di Lavoro sul progetto guiSmo (realizzazione di una guideline sulla modellistica delle prestazioni) e a un nuovo gruppo di lavoro "Grid Integration Studies" dedicato alla valorizzazione della dispacciabilità per la rete elettrica della produzione con impianti solari termodinamici; il meeting si è svolto a Las Vegas (USA), lunedì 16 settembre 2013; in assenza di studi nazionali specifici in merito, è stata presentata una breve nota sul recente impatto della generazione fotovoltaica sulla rete elettrica italiana;
- la partecipazione alle attività del Task II-chimica solare, da parte dell'ing. Alberto Giaconia e del Task III, sottogruppo sulle guidelines su misure ottiche per specchi e collettori, da parte del dr. Marco Montecchi. L'ing. Giaconia ha anche partecipato alla Conferenza (con copertura economica diversa da RdS) e ai meeting del comitato EERA JP-CSP e del progetto STAGE-STE.
- la partecipazione dell'ing. Massimo Falchetta alla conferenza SolarPACES2013, che si è svolta da martedì 17 a venerdì 20 settembre 2013 a Las Vegas (USA). Nel corso della conferenza l'ing. Falchetta ha presentato un contributo tecnico sulla simulazione di impianti a sali fusi (presentato oralmente e incluso nei proceedings); un Poster sulle attività italiane nel settore del Solare Termodinamico; ha fatto parte del Comitato scientifico per la accettazione e revisione dei contributi da allegare nei proceedings; ha inoltre presieduto come Chairman a una sessione sui ricevitori solari; infine ha presenziato per quanto possibile alle varie sessioni plenarie e alle sessioni tecniche parallele, preferenzialmente sul settore impiantistico, essendo presenti anche altri colleghi più focalizzati sull'aspetto Solar Fuel, in particolare l'ing. Giaconia.
- La partecipazione dell'ing. Massimo Falchetta, nelle giornate di venerdì 20 settembre e sabato 21 settembre, a due visite tecniche a impianti; l'impianto di Ivanpah (BrightSource) con tre torri da 130 MW l'una (tot. 393 MW) a vapore diretto surriscaldato e l'impianto di Tonopah (Solar Reserve) con una torre a sali fusi da 110 MW.
- La partecipazione dell'ing. Massimo Falchetta, nelle vesti di rappresentante italiano, al meeting del comitato esecutivo (ExCo) che si è svolto sempre a Las Vegas (USA), domenica 22 settembre 2013. Durante il meeting sono state presentate brevemente le ultime novità in campo italiano, in particolare in circuito sperimentale a sali fusi di ASE-Chyoda a Massa Martana.

2.1 Task I

Alle attività del Task I (impianti) partecipa l'ing. M. Falchetta, che ha presenziato al meeting del giorno 16 settembre, precedente all'avvio della Conferenza, a Las Vegas.

Attualmente il Task I si focalizza:

1. sulla predisposizione di una guideline per l'utilizzo "uniforme e ottimale" della modellistica per il calcolo delle prestazioni degli impianti, progetto GuiSmo, responsabile Tobias Hirsch del DLR. Infatti esistono molti modelli commerciali e autoprodotti, ma tipicamente (da benchmark) i risultati possono variare in un range che va dal 13% al 6-7%, pur partendo da una apparentemente "unica descrizione" di impianto. Oltre alla inevitabile presenza di errori in alcuni modelli, la diversa interpretazione dei dati di input, l'inclusione o meno degli aspetti transitori, la descrizione delle modalità operative, la discretizzazione dei valori di irraggiamento utilizzati come input, sono tutti aspetti che possono portare a differenze nei risultati. Poiché gli investitori (si tratta di impianti che possono arrivare a costare più di un miliardo di euro) aspirerebbero normalmente a un margine di errore sulla producibilità annua dell'ordine dell' 1% (margine di errore tipico di una misura dell'irraggiamento di elevata qualità) si capisce l'interesse a cercare di uniformare l'approccio, pur senza pretendere di arrivare a una "modellistica standard", impossibile da realizzare sia per motivi commerciali che per l'ampio spettro di impianti realizzabili. Il progetto è a sua volta diviso in 10 Work Packages. Attualmente il lavoro si è focalizzato sugli impianti parabolici lineari tradizionali, mentre sta iniziando il lavoro sui sistemi a Torre e Fresnel lineari. È stata predisposta una bozza di nomenclatura che è stata oggetto della riunione al mattino (sono state infatti presentate tutta una serie di domande e chiarimenti).
2. Un nuovo Gruppo di Lavoro in fase di formazione, non ancora ufficializzato, proposto dall'NREL, con lo scopo di approfondire gli aspetti legati alla valorizzazione del ruolo degli impianti solari termodinamici nell'ambito delle reti elettriche. Il NREL (in particolare il senior Analyst Paul Denholm, che ha relazionato) vanta una discreta esperienza in merito, avendo eseguito vari studi per conto di Autorità e Utilities USA, in particolare in California. La valorizzazione del contributo degli impianti solari termodinamici assume notevole importanza nel momento in cui la penetrazione di energie rinnovabili "non controllabili" sta diventando significativa in vari paesi. Gli impianti solari termodinamici, soprattutto se dotati di accumulo termico, consentono una ben superiore capacità di fornire potenza on demand (su richiesta, o programmata) alla rete, in particolare nelle ore di punta di carico, rispetto agli impianti eolici e fotovoltaici, e questo è un asset significativo in rapporto alla competizione con la tecnologia fotovoltaica, che attualmente è in generale più competitiva sul puro piano dei costi di produzione del kWh, soprattutto negli USA. La situazione va vista paese per paese, in rapporto alle caratteristiche delle reti elettriche, del parco di generazione, delle normative, etc. Le analisi richiedono l'adozione di un approccio modellistico, che può variare dal più semplicistico "Price Token" al più complesso "Full-grid simulation" che comporta la modellizzazione dell'impianto CSP nell'ambito di modelli di rete "tradizionali" che comprendono gli impianti termoelettrici esistenti. Questo secondo approccio è più potente anche se più costoso. Nel caso NREL, è stato implementato un modello di CSP con accumulo termico (TES) nel codice PLEXOS, utilizzando il modello CSP del SAM (Solar Advisor Model) per creare uno pseudo impianto idroelettrico a serbatoio. Ha relazionato, oltre a Denholm dell'NREL, il dr. Saad Sayeef, Research Scientist del CSIRO (Australia) specialista nel campo dell'impatto del fotovoltaico sulla rete elettrica. In realtà studi specifici legati al solare termodinamico sono stati effettuati solo negli USA (appunto NREL) e a quanto pare in Spagna (Univ. of Jaen) che però non era presente, in quanto solo in questi due paesi la prospettiva di penetrazione CSP in rapporto alla rete inizia ad essere significativa. L'ing. Falchetta ha comunque presentato una breve nota sull'impatto sulla rete italiana del recente significativo numero di impianti fotovoltaici, che ha raggiunto la potenza di 18 GW, al puro scopo di iniziare un confronto sul tema. La nota è allegata (Allegato 1).

2.2 Task II

ENEA partecipa anche alle attività del Task II (chimica solare). Al “27th Annual Meeting Task II – Solar Chemistry Research”, che si è tenuto sempre il giorno 16, ha partecipato l'ing. Alberto Giaconia.

In tale sessione sono state presentate e discusse le attività svolte dall'ENEA nel campo “Solar Chemistry”, (All. 2) sia in ambito Nazionale che Internazionale. In particolare, sono state presentate le seguenti attività di ricerca e sviluppo in corso presso l'ENEA e partner:

- Reforming alimentato da tecnologia CSP a sali fusi:
- Produzione di miscele metano/idrogeno per motori a combustione interna (progetto Nazionale METISOL)
- Produzione di idrogeno puro per fuel cells o altre applicazioni industriali (progetto EU CoMETHy, coordinato da ENEA)
- Trattamenti di bio-raffineria alimentati da CSP:
- Trattamenti termo-catalitici di biomasse per la produzione di combustibili mediante gassificazione con vapore compresso, a temperature compatibili con la tecnologia a sali fusi (progetto Nazionale PRIN, in collaborazione con l'Università di Palermo)
- Elettrolisi ad alta temperatura:
- Sviluppo di un elettrolizzatore a carbonati alcalini fusi, a 500-600°C, per la scissione dell'acqua in idrogeno e ossigeno, alimentabile con CSP (attività investigativa preliminare svolta da ENEA in vista dell'inizio del WP9 del progetto EU STAGE-STE, attualmente in negoziazione)
- Ciclo termochimico delle ferriti miste:
- Presentazione dei risultati ottenuti su un reattore solare (1 kW) installato sul dipartimento di Chimica dell'Università La Sapienza
- Ciclo termochimico zolfo-ammonio:
- Sviluppo in laboratorio e prova della fattibilità del ciclo foto-termochimico zolfo-ammonio di scissione dell'acqua in idrogeno e ossigeno (progetto Nazionale PRIN, in collaborazione con diverse Università Italiane)
- Ciclo termochimico ibrido dello zolfo:
- Dimostrazione sulla scala dei 500 kW di un ciclo termochimico direttamente alimentato da energia solare (progetto EU SOL2HY2, in collaborazione con DLR e altri partner di ricerca e industriali Europei)

Allo stesso modo altri partecipanti alla sessione hanno presentato le attività sulla Solar Chemistry e sulle produzioni di “Solar Fuels” in Australia, Sud Africa, Germania, Israele, Corea del Sud, Messico, Spagna, Svizzera, Cina e USA.

In tale occasione sono stati trovati spunti per possibili sinergie tra ENEA e altre istituzioni internazionali su attività di comune interesse. Tali sinergie possono generare nuove collaborazioni (progetti) internazionali oppure organizzazione di workshop tematici. Questo è il caso ad es. dell'elettrolisi a carbonati fusi, attualmente ancora attività “interna” in ENEA ma che riscuote interesse di partner Europei come il DLR. Altro esempio è rappresentato dal reforming solare: oltre all'ENEA (progetto CoMETHy) altre organizzazioni in Australia, USA e Cina stanno sviluppando processi di steam reforming solare; si potrà quindi allargare la collaborazione (attualmente in ambito Europeo) ad altri paesi, organizzando workshop informativi in vista dello sfruttamento e valorizzazione della tecnologia sviluppata.

La discussione successiva è stata focalizzata sulla roadmap verso la commercializzazione della Solar Chemistry. A tal proposito, si è discusso di due workshop informativi organizzati nel primo semestre del 2013 in Australia e Sud Africa: tali workshop hanno messo a confronto esperti della tecnologia con esponenti governativi e potenziali investitori. Dato il successo riscontrato, i due workshop (in Australia e Sud Africa) saranno riproposti nel prossimo semestre. Tale iniziativa proposta per Australia e Sud Africa può essere riprodotta in paesi interessati (sia Europei che non, ad es. Cina).

Infine è stato proposto di realizzare un link tra il Task II di IEA/SolarPACES e altre iniziative internazionali come (in Europa) EERA JP-CSP oppure la FCH-JU 2.0. A tal proposito si è discusso del Work Package 9 “Solar Fuels” del progetto STAGE-STE: alcuni partner hanno evidenziato difficoltà e opportunità offerte da STAGE-STE, tra cui:

- problema della condivisione di proprietà intellettuali maturate in altri ambiti (nazionali o collaborazioni con partner “esterni”) con un gran numero di partner in STAGE-STE
- opportunità di ottenere sinergie (a livello Europeo) su attività di comune interesse fin qui svolte indipendentemente (e con possibile duplicazioni di risorse impiegate) da istituzioni medio-piccole con grossi enti di ricerca.

2.3 Meeting del comitato EERA JP-CSP e del progetto STAGE-STE

Nell’ambito della IEA/SolarPACES Conference 2013 (giorno 18 Settembre 2013) l’ENEA ha anche partecipato ai meeting del comitato EERA JP-CSP e del progetto STAGE-STE, entrambi condotti dal coordinatore Julian Blanco in presenza di Piero De Bonis (Project Officer).

Per EERA JP-CSP è stata approvato l'ingresso di 3 nuovi membri: Università di Firenze, Napoli e Padova. A inizio Aprile è prevista la review del programma a Bruxelles.

Per STAGE-STE, l'ultima versione del Piano di lavoro (Description of Work - DoW) è pronta, occorrono solo alcune modifiche. L'inizio del progetto è prevista per inizio Febbraio 2014 (almeno così è stato suggerito da De Bonis). Il kick-off meeting si terrà a Bruxelles. Blanco ha chiarito l'organizzazione del progetto, in particolare i ruoli dello Steering Committee (costituito da un membro per ogni partner membro di EERA CSP-JP: ENEA lo è, mentre UNIPA è un "associato" quindi rappresentato da ENEA) e della General Assembly o Management Board. La maggiore criticità è la firma del Consortium Agreement: grossi enti di ricerca come il DLR avranno problemi a condividere la proprietà intellettuale maturata in progetti nazionali (o da collaborazioni con industrie) per co-finanziare la partecipazione al programma. Inoltre, i tempi per la firma del Consortium Agreement (CA) possono essere molto lunghi (dato il numero dei partner) mentre alcuni partner (es. il CNRS, Francia) per firmare il Grant Agreement (GA) con la Commissione devono avere prima stipulato il CA.

2.4 Task III

ENEA partecipa al Task III relativamente alle attività di qualificazione ottica degli specchi e dei collettori, che comportano la realizzazione e messa a punto di apparati di misura ottica relativamente complessi. Queste attività per ENEA sono portate avanti dal dr. Marco Montecchi.

In particolare quest’anno il dr. Montecchi partecipa alla elaborazione delle Guidelines “Measurement and Assessment of Mirror Shape for Concentrating Solar Collectors”, particolarmente importanti in quanto porteranno a una normativa in merito alla determinazione della qualità ottica degli specchi per i concentratori solari.

Il dr. Montecchi non ha potuto partecipare personalmente al Task meeting, pur avendo inviato i contributi per il documento, in fase avanzata di elaborazione.

Il dr. Montecchi ha comunque presentato alla Conferenza un poster e una relazione tecnica, che verrà inclusa negli atti, dal titolo “Upgrading of ENEA Solar Mirror Qualification (SMQ) set-up” (All. 3 e 4).

2.5 Conferenza SolarPACES

La annuale conferenza SolarPACES (SolarPACES2013) si è svolta a Las Vegas dal 17 al 20 settembre 2013.

In qualità di membro del Comitato Esecutivo di SolarPACES, l’ing. M. Falchetta ha fatto parte del Comitato Scientifico che ha selezionato e revisionato i contributi tecnici, azione quest’anno più complessa del solito in quanto prevede la inclusione del contributo nella serie Energia Procedia di Elsevier, curando la revisione di 8 lavori; ha inoltre presieduto una sessione tecnica sui “Thermal receivers”; ha presentato un poster sulle attività italiane nel settore Solare Termodinamico (All. 5); ha infine presentato un contributo tecnico che verrà incluso nei proceedings (All. 6 e 7).

La Conferenza ha comportato:

- 4 sessioni Plenarie: Opening session, Value of CSP, Global CSP Initiatives, Cost Reduction Challenges and Approaches in CSP, con annesse Panel Discussion fra esperti del ramo e rappresentanti industriali

- 3 Technical Keynote Speeches dal titolo rispettivamente, “Thermochemical Solar fuel Production”, “Solar-Thermal Power generation, A reality check” e “Development of a High Efficiency Hot Gas Turbo-expander and Low Cost heat Exchangers for Optimized CSP Supercritical CO₂ Operation”.
- Un totale di 40 sessioni tecniche parallele (7 su Thermal receivers; 6 su CSP Systems; 6 su Thermal/Thermochemical Energy Storage; 4 sui Solar Collectors; 4 su Measurements and Control; 3 su Solar Resource assessment; 2 su Solar Fuels; 2 su Power Cycles; 2 su Reliability and Service Life Prediction; 1 su Heat Transfer Fluids; 1 su Policy and markets; 1 su general Topics in CSP; 1 su Commercial and Demonstration Projects).

Da notare che quest’anno nelle sessioni tecniche non è stata adottata una suddivisione formale delle tipologie di impianto tradizionalmente adottata (Parabolici lineari, Torri Centrali, Fresnel Lineari e Dischi parabolici) bensì più funzionale al “sottosistema” o alla disciplina applicativa, come è evidente dai titoli delle Sessioni (per esempio, fra i Thermal receivers erano inclusi sia ricevitori lineari, parabolici o fresnel, che centrali).

Relativamente alle sessioni plenarie, anche quest’anno una è stata dedicata alla problematica della riduzione dei costi degli impianti; infatti è ormai assodato che, attualmente, il costo dell’energia (LEC, o Levelized Energy Cost) ottenibile con impianti fotovoltaici è più basso, causa la drastica riduzione dei costi di impianto di questi ultimi registrata negli ultimi 2 anni. Attualmente sul mercato USA il fotovoltaico riesce a stipulare PPAs (Power Purchase Agreements) a valori di 6-9 (US)cents/kWh, mentre il CSP spunta 12-13. I costi degli impianti Solari Termodinamici sono infatti rimasti sostanzialmente stazionari, e dipendono dal mercato (USA, Spagna, Sud Africa, Cina ...); sono quindi “dati sensibili” non accessibili in letteratura, se non a grandi linee. Anche la sessione plenaria relativa, cui partecipavano una serie di operatori quali Grenzebach www.grenzebach.com, fornitore di ingegneria, Brightsource ed E-Solar (impiantistica Torri centrali), Novatech (fresnel lineari) non ha fornito dati sui costi bensì ogni operatore ha presentato il proprio approccio a minimizzare i costi e ottimizzare il prodotto, in generale ricorrendo a una migliore organizzazione del lavoro, produzioni in serie di tipo automobilistico, ecc. Grenzebach ha proposto un approccio di pre-fabbricazione robotizzata di gran parte dei componenti tramite linee di montaggio altamente tecnologiche trasportabili in loco; sfruttando quindi al massimo l’automazione al fine di ridurre l’impiego di manodopera. Occorre notare che questo approccio cozza spesso con l’esigenza di creare lavoro su base locale, che è uno degli aspetti vincenti, ad esempio in USA.

A quanto pare, l’unico studio sui costi esistente realmente approfondito e affidabile è stato realizzato da CSP Today www.csptoday.com, analizza 8 mercati ed è acquistabile al prezzo di 5000 \$ USA.

In realtà l’unico asset chiaramente vincente rispetto al fotovoltaico è la dispacciabilità consentita dall’accumulo e l’integrabilità fra calore ed elettricità, sul lato della produzione, e fra combustibile e sole, sul lato dell’input.

Sempre sul piano dei costi in prospettiva, parecchi autori hanno fatto notare come l’aumento previsto di temperature a 620-635 °C tramite cicli supercritici non necessariamente porterà a riduzioni del LEC. È stato anche messo in dubbio, tramite un approccio probabilistico (Cliff HO, del Sandia) il raggiungimento dei target del programma SunShot (6 cent\$/kWh) a meno di non fissare target più ambiziosi. In realtà l’approccio attuale porterebbe, secondo Ho, a un 50% di probabilità di raggiungere i 10 cent\$/kWh al 2020.

Sul piano tecnico, interessante la proposta E-Solar www.esolar.com, con sistemi a torre centrale a sali fusi modulari; ogni torre è alta sui 100 m. e vengono utilizzati eliostati di piccole dimensioni; ogni modulo (fino a 16 in totale) ha una potenza termica equivalente alla produzione di 7MW_e. Una rete di tubazioni di distribuzione a sali fusi collega i moduli a un sistema di accumulo tradizionale a due serbatoi comprendente un Power Block a vapore con rendimento del 42%. Di notte le torri verrebbero drenate, mentre la rete di distribuzione verrebbe mantenuta tracciata elettricamente. Attualmente sono stati realizzati solo due prototipi (Sierra Sun Tower della South California Edison, con due torri per un totale di 5 MW_e e Bikaner da 2.5 MW_e in India) che però producono vapore a 440 °C e sono quindi presumibilmente a vapore diretto.

Degno di interesse il fatto che varie aziende estere stanno continuando ad accreditarsi per l'impiego di sali fusi nei sistemi parabolici o fresnel lineari:

- l'americana Skyfuel, che ha presentato una memoria nella sessione da me presieduta e sta realizzando un proprio circuito di prova per sistemi parabolici
- la francese AREVA, la cui filiale USA sta realizzando un circuito di prova per fresnel lineari, al Sandia
- il consorzio tedesco Schott-Flabeg, che propone il proprio collettore più recente (Ultimate Trough) per l'impiego a sali fusi e ha dichiarato di avere un impianto da 100.000 mq in fase di sviluppo in Italia (il developer sarebbe a quanto pare una società altoatesina).
- Altri circuiti sperimentali sono stati realizzati da Abengoa (USA); non vi sono notizie certe sui circuiti di ACS-Cobra mentre l'impianto Siemens di Evora, in Portogallo, non è stato terminato a causa del recente disimpegno di Siemens dal business solare.

Va anche citato il programma CSP in India, con 20 GW installati entro il 2020 con collettori lineari (trough o Fresnel). Attenzione è anche rivolta verso i sistemi ibridi CSP/gas naturale di generazione, come nel caso del ricevitore ad aria (800°C) combinato con una turbina a gas integrata con gas naturale, sulla scala del MW, sviluppata in Spagna da Abengoa nell'ambito del progetto EU Solugas.

Sul tema dei Solar Fuels la maggior parte degli interventi è stata focalizzata sulla termochimica della ossidazione/riduzione di metalli/ossidi metallici (ossidi complessi, ceria, cadmio, ecc.). In alcuni casi si tratta di cicli termochimici per la produzione di idrogeno; in altri della produzione di gas di sintesi con conversione del CO₂ oppure dello stoccaggio termochimico. In questo ultimo caso particolarmente interessanti sono gli studi del DLR sullo storage a base di CaO o Cd, da applicarsi in range di temperature differenti.

La conferenza è stata anche utile per allacciare/consolidare rapporti e discutere lo stato dei progetti con partner di ricerca (DLR, CEA, CIEMAT, Fraunhofer, etc.) e industriali.

In particolare: va rilevato l'interesse di Areva verso l'applicazione dei linear Fresnel a sali fusi; il CEA ha proposto di collaborare su tale linea di ricerca per conto di un altro produttore Francese, per testare un nuovo collettore in ENEA-Casaccia.

Bertrems Heatec (gruppo Linde) ha manifestato l'interesse a collaborare sullo sviluppo di componenti per sali fusi, in particolare per la realizzazione del generatore di vapore elicoidale nei progetti MATS (4 MW) e OPTS (12.5 MW). Fraunhofer vorrebbe attivare una collaborazione sulla dissalazione solare, da proporre nell'ambito di nuove proposte di progetti EU.

La Conference è anche stata una utile occasione per discutere con i partner dello stato di alcuni progetti collaborativi: DLR (SOL2HY2), Fraunhofer (MATS, OPTS), CIEMAT (OPTS), Cranfield University (MATS), CEA (OPTS, MATS, STS-Med), Cyprus Institute (STS-Med), ecc.

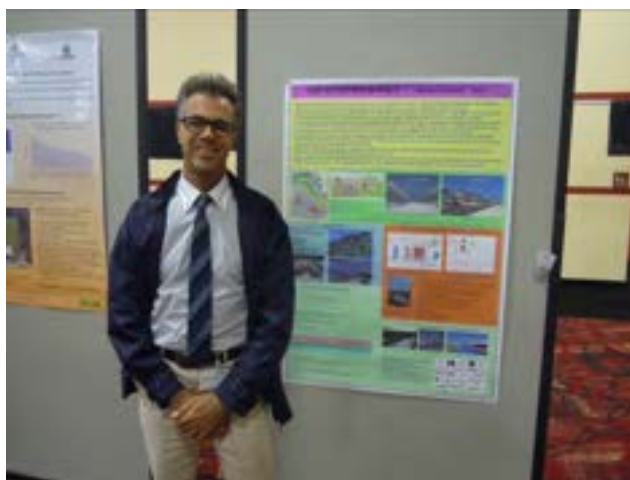


Figura 1. Poster italiano nello spazio per le attività nazionali

3 Visite agli impianti

Nelle giornate di venerdì 20 settembre e sabato 21 settembre 2013 si sono svolte due visite ad impianti solari nella zona pre-desertica circostante Las Vegas; l'impianto di Ivanpah della BrightSource e l'impianto di Crescent Dunes (Tonopah) della Solar Reserve entrambi nel deserto del Nevada.

3.1 Impianto di Ivanpah

L'impianto di Ivanpah è stato realizzato da Brightsource, società USA che utilizza tecnologia sviluppata in Israele, e si trova a meno di 2 ore di autostrada da Las Vegas. La tecnologia è quella del ricevitore centrale a vapore diretto, con produzione di vapore a 550 °C @ 160 bar in una caldaia solare a fascio tubiero che comprende Generatore di vapore, Surriscaldatore e Risurriscaldatore.

La tecnologia è stata prototipata nell'impianto pilota del deserto del Negev, realizzato per la parte caldaia con tecnologia Ansaldo, mentre le caldaie di Ivanpah sono realizzate negli Stati Uniti.

Il responsabile tecnico di Brightsource, Yoel Gillon, vanta una esperienza pluridecennale nel campo solare termodinamico, essendo stato uno dei soci fondatori della Luz, che realizzò negli anni dal 1984 al 1990 i famosi impianti SEGS, parabolici lineari, nel deserto del Mojave.

Lo stesso Yoel Gillon ci ha fatto da guida nella visita, che per la verità non ci ha consentito di avvicinarci oltremodo all'impianto, composto da tre torri, alte 140 metri, e tre campi di eliostati; ogni torre consente una Potenza alla turbina di 130.7 MW_e, per un totale lordo di impianto di 392 MW_e (377 MW_e netti). Una delle tre torri era in fase di avviamento, infatti era illuminata (non ancora a piena potenza), le altre due sono ancora in pre-commissioning. L'impianto non ha accumulo, ma Brightsource sta considerando l'inclusione di accumulo per i prossimi sviluppi, con una svolta a 180 ° rispetto a quanto dichiarato ancora a marzo dello scorso anno durante la visita nel Negev, in occasione dell'exco meeting del 2012. Il campo di specchi di Ivanpah è ancora collegato tramite cavi; non è ancora stata quindi implementata la soluzione wireless con alimentatore fotovoltaico autonomo per ogni eliostato, che ridurrà molto i costi di installazione, soluzione prototipata nel Negev. Il numero totale di eliostati è pari a 173.500 per un'area totale impegnata di 14.2 km².

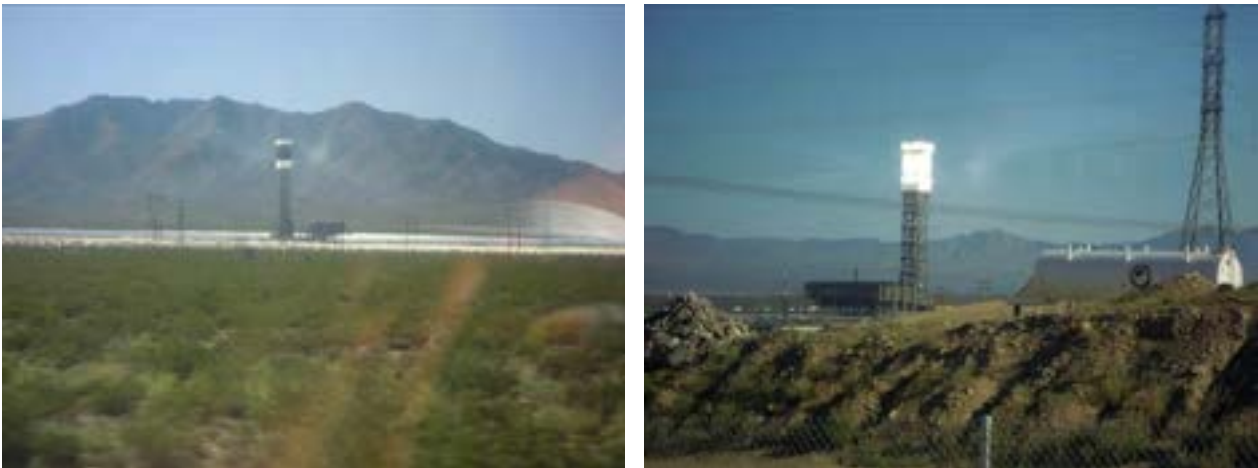


Figura 2. Due delle tre torri dell'impianto; una è irraggiata (non a piena potenza)



Figura 3. altra veduta del ricevitore sotto irraggiamento



Figura 4: a sinistra, in primo piano Yoel Gillon; dietro di lui Wang Zhifeng, responsabile del programma solare termodinamico cinese; a destra alcuni eliostati (non operativi).

3.2 Impianto di Crescent Dunes (Tonopah)

L'impianto di Crescent Dunes di Solar Reserve www.solarReserve.com si trova a circa 4 ore di autostrada da Las Vegas, una zona (ex) mineraria in piena zona desertica (in realtà un pre-deserto con vegetazione rada e presenza di dune sabbiose); in effetti si trova su un altopiano a quasi 2000 di altezza sul livello del mare.

La visita è stata più interessante rispetto a Ivanpah, in quanto abbiamo potuta avvicinarci a gran parte dei componenti.

L'impianto, da 110 MW_e e non ancora ultimato, comprende una Torre alta 220 m. con un ricevitore a sali fusi che produrrà sale a 565 °C per alimentare un classico sistema a due serbatoi; il Power Block comprende quindi un Generatore di Vapore a sali fusi, realizzato da Alstom Power. La tecnologia è direttamente derivata da quella del Solar Two. L'impianto non è ancora ultimato, ed è in ritardo di quasi un anno sul previsto.

Il ricevitore comprende 14 pannelli assorbenti identici, ognuno contenente 66 tubi percorsi da sale fusi; il ricevitore è alto 38 metri in totale e largo 17; i pannelli sono alti 25 metri, larghi 3.7 m. e spessi 3 metri.

Gli eliostati sono molto più grandi di quelli di Ivanpah, avendo ciascuno un'area di 115 m²; a detta del nostro accompagnatore, ciò ha comportato elevati costi per le fondazioni. La zona è battuta da tempeste di sabbia con una frequenza non saltuaria, cosa che è capitata durante la visita e ci ha letteralmente sommersi di granellini abbastanza macroscopici. Non è chiaro se ciò potrà danneggiare gli specchi.

L'area totale del campo di eliostati è pari a 6.5 km².

I serbatoi sono da 47 m. di diametro e 13 m. di altezza. Il serbatoio freddo è in acciaio al carbonio, mentre quello caldo in acciaio inox. La quantità di sale contenibile in ogni serbatoio è pari a 32.000 tonnellate di sale.

La produzione attesa è di 500 milioni di kWh/anno (4545 ore equivalenti) e il contratto di fornitura è stato stabilito in 13.5 cent\$/kWh, con un aumento annuale concordato dell'ordine dell' 1.5%.

Molta enfasi è stata posta nella creazione di lavoro in loco (600 lavoratori in loco e 4300 di indotto, per 30 mesi).

Il costo dell'impianto dichiarato dal ns. accompagnatore è di 1.2 miliardi di dollari totale (compresi oneri finanziari); il costo capitale è di circa 750 milioni di dollari e ha usufruito di un prestito agevolato (loan) da parte del DOE (Department of Energy USA) per 737 milioni di dollari.



Figura 5: due vedute dell'impianto Crescent Dunes



Figura 6: Eliostato: è costituito da 35 specchi piani



Figura 7: Veduta di parte del campo di eliostati



Figura 8: La torre fra gli eliostati; la parte cilindrica nera contiene il ricevitore a sali fusi; la parte bianca sotto serve per metter a punto la focalizzazione degli eliostati



Figura 9: Uno dei due serbatoi in fase di coibentazione



Figura 10: Particolare del generatore di Vapore



Figura 11: Particolare del Generatore di Vapore (Corpo Cilindrico)



Figura 12: Sezione condensatore raffreddato a secco



Figura 13: Frantumatore (a sinistra) e fusore (a destra) per la carica dei Sali

4 Meeting Comitato esecutivo (exco) SolarPACES

Nel corso del meeting del Comitato esecutivo, domenica 22 settembre, sono stati discussi alcuni aspetti di tipo generale sull'organizzazione di SolaPACES.

E' stato rieletto il Presidente, Manuel Blanco, attualmente spostatosi in Australia dal CENER pagnolo, venendo ad assumere il ruolo di direttore dell'Australian Solar Thermal Research Initiative (ASTRI).

E' stato discusso il bilancio arrivato ora a 531 k€, compresi gli accantonamenti dagli anni precedenti.

Sono stati presentati i primi risultati della Roadmap sui Solar Fuels, che per ora ha coinvolto aziende di Australia e Sud Africa in una serie di incontri tecnici nell'ambito del Task II.

La conclusione per ora è che nella fase iniziale sarà necessario comunque introdurre miscele di combustibili di sintesi e fossili; l'Australia potrebbe puntare a una funzione di esportazione verso il Giappone.

Nell'ambito del Task III è stato istituito un nuovo gruppo di lavoro con la funzione di fornire delle guidelines sulla misura delle perdite termiche nei ricevitori; a questo gruppo partecipano attualmente DLR, Ciemat, NREL, Cener e Fhg-ISE; l'azione prevede round-robin tests su tre ricevitori.

Sarebbe auspicabile una partecipazione italiana, al fine di promuovere il prodotto nazionale.

Riguardo le comunicazioni nazionali, l'ing. M. Falchetta ha presentato le ultime novità (si veda allegato 8), in particolare il circuito a sali fusi della AS-Chyoda recentemente inaugurato a Massa Martana.

Per quanto riguarda gli altri paesi:

- L'Arabia Saudita (che era stata invitata) ha introdotto a dicembre 2010 la iniziativa K.A. CARE (King Abdullah City for Atomic and Renewable Energy). L'Arabia Saudita si trova infatti di fronte a una previsione di forte aumento dei consumi e contemporaneamente alla necessità di risparmiare petrolio da destinare all'export, e sta quindi puntando su energia atomica e solare. Il target per l'energia solare è di 41 GW (16 da fotovoltaico e 25 da solare termodinamico). Degno di nota il fatto che la realizzazione dell'impianto di Ouarzazate, in Marocco (prima fase, 160 MW con tre ore di accumulo) è stata aggiudicata a una società saudita, che opererà però su tecnologia spagnola.
- La Germania ha creato una associazione industriale specifica, con 15 partners, la Deutsche CSP. Il governo federale ha deciso quest'anno di investire 10 M€ in R&S industriale a livello nazionale.
- Il Marocco ad Ouarzazate affiancherà a NUR1 (160 MW), NUR2 (200 MW) e NUR3 (100 MW a torre). NUR4 sarà invece fotovoltaico da 50 MW. In parallelo viene istituita una piattaforma per attività di R&S con 200 ettari disponibili.
- Interessanti gli sviluppi in Sud Africa, che in pochi anni ha messo in cantiere notevoli iniziative realizzative e sta iniziando ad assumere anche un ruolo scientifico con Università. Gli impianti in questione sono: ESKOM-100 MW, sali fusi, 9-12 h di accumulo (consegna 2017); Kaxu Solar1 – 100 MW,

parabolico lineare, 3 h di accumulo (gen. 2015); KHI Solar1 – 50 MW a torre, accumulo di vapore 2hr. (gen. 2015); REIPP window 2, Bookport, 50 MW, 9.5 hr. accumulo; REIPP window 3, 2x100 MW; fatto interessante, in questo caso la tariffa di acquisto comprende una forte differenziazione, con 240% del valore di base applicato fra le 17 e le 21; ciò favorirà la presenza di accumulo e la dispacciabilità

- In Spagna, vi sono attualmente 45 impianti realizzati per un totale di 2054 MW, più 5 in costruzione per altri 250 MW. La prospettiva attuale però è “negativa”; infatti le recenti disposizioni legislative spagnole, che hanno imposto una drastica riduzione retroattiva di incentivi già decisi, su impianti da poco realizzati, ha portato al blocco totale delle nuove attività e forte stress su molte aziende (alcune dovranno chiudere o ridimensionarsi fortemente). Nel settore c’è quindi una forte incertezza, tanto che la delegazione spagnola alla Conferenza era ai minimi termini sul piano industriale.

Il prossimo exco meeting si svolgerà ad Abu Dhabi nel marzo 2014, mentre la prossima Conferenza sarà a Pechino, a settembre 2014.

5 Valutazioni conclusive

A livello internazionale la tecnologia solare termodinamica vive una situazione che presenta luci e ombre. Positiva infatti la realizzazione di nuovi grandi impianti in USA (oltre a quelli oggetto di visita, sono in costruzione altri impianti a collettori parabolici lineari per centinaia di MW), la presenza sul lato della R&S del programma SunShot del DOE (peraltro da più parti indicato come troppo ambizioso riguardo al target di 6 cent/kWh a breve termine) e il forte impulso in Cina e Sud Africa; quest’ultimo paese ha messo in cantiere mezza dozzina di impianti da 50-100 MW l’uno nell’arco di due anni, e inizia a dare anche un contributo scientifico non indifferente. La Cina si presenta invece come uno fra i “player” più accreditati per impianti di tecnologia relativamente consolidata, ed era infatti presente soprattutto negli stand commerciali, con una qualità delle brochures e degli stand ormai allo standard occidentale.

Negativa la situazione in Spagna; le recenti disposizioni legislative spagnole, che hanno imposto una drastica riduzione retroattiva di incentivi già decisi, su impianti da poco realizzati, ha portato al blocco totale delle nuove attività e forte stress su molte aziende (alcune dovranno chiudere o ridimensionarsi fortemente). Il totale degli impianti rimane quindi per ora stazionario a 2054 MW, con previsione di raggiungere 2300 MW a breve ma nessun nuovo impianto cantierato.

In generale, la partecipazione di delegati è stata inferiore alle recenti conferenze, in gran misura a causa della fortissima riduzione spagnola; inspiegabilmente anche il profilo USA è risultato molto basso, sia a livello plenario che in sede di comitato esecutivo (nessun americano ha relazionato). Degno di interesse però il contributo in sede di Task I (sul valore del solare termodinamico per la rete) degli studi dell’NREL, presentati dal senior analyst Paul Denholm.

Invero la questione della dispacciabilità e del valore del contributo del solare termodinamico per la rete acquisterà sempre maggior interesse visto che è un asset fondamentale nella competizione con il fotovoltaico. Già in alcuni paesi (Spagna e Sud Africa ad sempio) le tariffe iniziano a tenere fortemente in conto la dispacciabilità della produzione e il valore dei servizi ancillari offerti.

Allo stesso tempo, i costi dei sistemi solari termodinamici non hanno apparentemente subito variazioni di rilievo; i primi sistemi a torre a sali fusi per adesso non hanno raggiunto ancora il potenziale di riduzione atteso e sono attualmente equivalenti ai sistemi parabolici con accumulo.

- Gemasolar (20 MW, 15 hr di accumulo, circa 6000 ore equivalenti/anno) da notizie confidenziali è costata 300 M€. In pratica, tenendo conto della produzione molto maggiore, ha costi simili ad Andasol.
- Crescent Dunes (110 MW, 4500 ore equivalenti/anno) sarebbe costato 1.2 B\$, ovvero circa 900 M€.

Relativamente all’Italia, oltre a essersi riscontrata una partecipazione più ridotta rispetto al recente passato, per evidenti motivi di bilanci, perdura l’incertezza sui programmi realizzativi concreti; del numero di impianti proposti o allo studio (si parla in totale di 9 impianti per 288 MW, secondo fonti ANEST) non sono state date notizie ufficiali in sede di Conferenza.

L'unico nuovo impianto in Italia annunciato alla Conferenza avrebbe dietro una cordata tedesca/sudtirolese. Ciò è stato affermato da Weinrebe, durante la presentazione congiunta Flabeg-Schott-Schleich und Partner GmbH. Weinrebe ha tessuto le lodi dei sistemi parabolici a sali fusi che in prospettiva avrebbero il più basso costo dell'energia (fino a 10 eurocent/kWh) per impianti di taglia sui 200 MW con collettore di tipo Ultimate Trough (Flabeg). Weinrebe ha appunto annunciato un impianto da 100.000 m² da realizzare in Italia, con developer del Sud Tirolo (Alto Adige).

Allo stesso tempo varie aziende estere stanno iniziando ad accreditarsi per l'impiego di sali fusi nei sistemi parabolici o fresnel lineari:

- l'americana Skyfuel, che ha presentato una memoria e sta realizzando un proprio circuito di prova per sistemi parabolici
- la francese AREVA, la cui filiale USA sta realizzando un circuito di prova per fresnel lineari, al Sandia
- il consorzio tedesco Schott-Flabeg, che propone il proprio collettore più recente (Ultimate Trough) per l'impiego a sali fusi e ha dichiarato di avere un impianto da 100.000 mq in fase di sviluppo in Italia (il developer sarebbe a quanto pare una società altoatesina).
- Altri circuiti sperimentali sono stati realizzati da Abengoa (USA); non vi sono notizie certe sui circuiti di ACS-Cobra e Siemens (Evora).

6 Abbreviazioni ed acronimi

- CSP: Concentrating Solar Power (Tecnologia Solare Termodinamica)
LEC: Levelized Electricity Cost
PPA: Power Purchase Agreement (Accordo pluriennale di acquisto dell'energia)
STE: Solar Thermal Electricity (sinonimo di CSP).
TES: Thermal Energy Storage

ALLEGATI

Allegato 1: M. Falchetta - Short Note on the recent impact of PV generation in Italy, Presentazione a Task I SolarPACES, 16 sett. 2013, Las Vegas, - Gruppo di lavoro "Grid Integration Studies".

file: *ENEA Task 1_2013.ppt*

Allegato 2: A. Giaconia - Status of Solar Chemistry Projects, presentazione a meeting Task II SolarPACES, 16 sett 2013 - file: *SolarPACES Task II – ENEA.pdf*

Allegato 3: M. Montecchi – Upgrading of ENEA Solar Mirror Qualification (SMQ) set-up, Poster esposto alla Conferenza SolarPACES2013, 17-20 settembre 2013, Las Vegas –

file: *Poster-Montecchi.pdf*

Allegato 4: M. Montecchi – Upgrading of ENEA Solar Mirror Qualification (SMQ) set-up, contributo agli atti Conferenza SolarPACES2013, 17-20 settembre 2013, Las Vegas –

file: *Montecchi paper.pdf*

Allegato 5: M. Falchetta - Poster "CSP activities in Italy", esposto alla Conferenza SolarPACES2013, 17-20 settembre 2013, Las Vegas – file : *posteritaly.pdf*

Allegato 6: M. Falchetta, A.G. Rossi – Dynamic Simulation of the operation of a Molten Salt parabolic trough plant, comprising draining procedures, proc. SolarPACES2013 conference, 17-20 sept. 2013, Las Vegas – presentazione orale – file: *dynamic simulation 2013 ENEA_public.pdf*

Allegato 7: M. Falchetta, A.G. Rossi – Dynamic Simulation of the operation of a Molten Salt parabolic trough plant, comprising draining procedures, proc. SolarPACES2013 conference, 17-20 sept. 2013, Las Vegas - contributo agli atti - file: *energy_solarpaces2013_falchetta_rev1.pdf*

Allegato 8: M. Falchetta - V. Brignoli – Exco Country Report Italy, 2013.

file: *85EXCO COUNTRY REPORTS_italy_2013.ppt*