

ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI

FONDAZIONE ENI ENRICO MATTEI

ATTI DEI CONVEGNI LINCEI

294

XXXI GIORNATA DELL'AMBIENTE

**LA SFIDA DEI TERA WATT:
QUALE RICERCA PER L'ENERGIA DEL FUTURO?**

**THE TERA WATT CHALLENGE:
WHAT RESEARCH FOR OUR FUTURE?**

(Roma, 5-6 novembre 2013)

ESTRATTO



ROMA 2016
BARDI EDIZIONI
EDITORE COMMERCIALE

FRANCESCO MARTELLI^(a), DAVID CHIARAMONTI^(a), ALESSANDRO
CAPPELLETTI^(a), SIMONE SALVADORI^(a), MATTEO PRUSSI^(a), RENATO NISTRI^(a),
MARCO BUFFI^(a), ALESSANDRO MATTANA^(a), ANDREA MARIA RIZZO^(a),
LEONARDO NIBBI^(a)

GENERAZIONE DI ENERGIA A PICCOLA E MEDIA SCALA PER UN FUTURO CARBON FREE: LE ATTIVITÀ DI RICERCA DEL CREAR

La Commissione Europea, forte dei positivi risultati che si prospettano a seguito delle azioni legislative messe in atto per ridurre le emissioni di Gas Serra entro il 2020 (Europa 2020, conosciuta anche come 20-20-20 by 2020, una strategia decennale proposta nel Marzo del 2010 che prospetta una crescita intelligente, sostenibile e solidale attraverso una maggiore sinergia dei paesi dell'Unione), mira ad andare ben oltre tali obiettivi a corto raggio ed ha individuato nella data del 2050 il termine per raggiungere un'economia energetica sempre più vicina al Carbon Free. Entro tale data obiettivo, infatti, la "Roadmap for moving to a competitive low-carbon economy in 2050" prevede una drastica riduzione nelle emissioni di Gas Serra, nell'ordine dell'80% se rapportato alle emissioni del 1990, e per fare questo ha individuato delle "milestones" intermedie di riduzione del 40% entro il 2030 e del 60% entro il 2040.

Il percorso virtuoso verso gli obiettivi al 2020, dai dati attualmente disponibili, è guidato dal forte incremento dell'utilizzo delle fonti energetiche rinnovabili per la produzione di energia sia termica sia elettrica e delle nuove tecnologie che si stanno affacciando sul mercato dei biocombustibili. L'analisi dei trend nel consumo di energia primaria (e quindi del risparmio energetico) ha evidenziato invece, nel 2011, quanto fossero ancora difficili da raggiungere gli obiettivi di 'energy saving' fissati dalla strategia Europa 2020; tutto ciò ha indotto la Commissione a pubblicare, nell'Ottobre del 2012, la cosiddetta "Energy Efficiency Directive", volta a stabilire una strut-

^(a) <http://www.crear.unifi.it> CREAR – Dip.to Ingegneria Industriale – Università degli Studi di Firenze – Via S. Marta, 3 – 50139 Firenze (Italy). E-mail: francesco.martelli@unifi.it

tura comune alle azioni per incentivare il risparmio energetico da portare avanti negli stati membri.

Tale premessa individua gli ambiti all'interno dei quali si muovono le attività di ricerca del CREAR, il Centro di Ricerca Energie Alternative e Rinnovabili dell'Università degli Studi di Firenze.

Il Centro è stato formalmente costituito il 1 gennaio 2005, consolidando collaborazioni attive ormai da tempo, fra membri dei vari dipartimenti dell'Università di Firenze operanti nel settore delle Energie Rinnovabili, con l'intento di ottenere una maggior sinergia di ricerca ed unità di immagine verso l'esterno. Le attività di ricerca si rivolgono a tutte le forme di energie rinnovabili con particolare attenzione all'energia da biomassa, ai bio combustibili, all'energia solare (con particolare attenzione al solar cooling ed al solare a concentrazione), all'energia eolica, all'uso razionale dell'energia, ai combustibili alternativi (H₂) ed alla fluidodinamica dei componenti, oltre alle attività formative e di disseminazione, quali ad esempio il Master Universitario di primo livello IMES in Bioenergia ed Ambiente, attivo dal 2002. Il CREAR, il cui Direttore è, sin dalla sua costituzione, il Prof. Francesco Martelli, è costituito dal Dipartimento di Chimica "Ugo Schiff", il Dipartimento di Gestione dei Sistemi Agrari, Alimentari e Forestali (GESAAF), il Dipartimento di Scienze della Terra, il Dipartimento di Scienze delle Produzioni Agroalimentari e dell'Ambiente (DISPAA), coordinati dal Dipartimento Ingegneria Industriale (DIEF).

Il Centro fa inoltre parte del Consorzio di Ricerca RE-CORD (Consorzio per la Ricerca e la Dimostrazione sulle Energie Rinnovabili) dalla sua costituzione, avvenuta nel 2010. I membri del Consorzio RE-CORD sono l'Università di Firenze per tramite del CREAR e dell'Azienda Agricola Villa Montepaldi, la Pianvallico SpA, e la Spike Renewables Srl. Attraverso il Consorzio RE-CORD, il CREAR dispone inoltre di un laboratorio, inaugurato nel 2011, dedicato alle analisi chimiche in particolare nel campo delle risorse rinnovabili. Tale laboratorio è specializzato nelle analisi di biocombustibili solidi e liquidi come cippato, pellet, polverino, biodiesel, oli vegetali, oli di pirolisi etc. e per ogni tipologia di materiale sono disponibili pacchetti di analisi dedicati che permettono un'accurata e completa caratterizzazione.

Nel panorama delle attività di ricerca del Centro, il settore della conversione energetica da fonti alternative e rinnovabili (biomasse, solare, eolico e da moto ondoso) rappresenta uno degli elementi di eccellenza.

Attraverso i vari progetti sviluppati nel corso degli anni di attività, si sono potuti realizzare e mettere in esercizio numerosi impianti e sistemi di conversione. Nella maggioranza dei casi, tali impianti sono stati concepiti per essere inseriti nella realtà territoriale della Toscana, caratterizzata dalla disponibilità di Biomassa residuale da interventi silvicolture o di potatura

delle colture arboree (principalmente vigneti e oliveti), e da una filiera di approvvigionamento “corta”. Tale materiale vede la sua migliore utilizzazione in impianti di piccola e media taglia inseriti in un contesto in grado di utilizzare il calore prodotto dal processo di conversione energetica.

Uno dei primi impianti messi in esercizio dai ricercatori del CREAR è l'impianto Bio_MGT; questo è un impianto CHP (Combined Heat and Power) con MGT (Micro Gas Turbine) alimentato a biomassa (nello specifico cippato di legno) e da una quota, variabile, di co-firing con Gas Naturale. La biomassa alimenta una caldaia da 400kW di potenza nominale che, attraverso uno scambiatore aria-aria appositamente realizzato, (pre) riscalda il fluido in ingresso ad una Microturbina Turbec 100kW; nell'esercizio nominale dell'impianto in co-firing col Gas Naturale, esso sviluppa una potenza pari a circa 75kW, mentre attraverso l'esercizio “tutto verde”, ossia solo biomassa, i test hanno consentito di far raggiungere all'impianto una potenza di circa 40kW. L'energia elettrica ed il calore prodotti dall'impianto alimentano il caseificio della Cooperativa Agricola “Il Forteto”. L'impianto ha accumulato 4400 h di funzionamento al Maggio 2012.

Sempre restando nell'ambito della produzione di energia elettrica in impianti di piccola e media taglia, preme evidenziare che presso una azienda del comprensorio del cristallo (Colle Val D'Elsa, in Provincia di Siena) è installato un gassificatore di biomassa solida sviluppato assieme all'Indian Institute of Science di Bangalore (India). Tale sistema permette la conversione diretta in energia del legno o dei sottoprodotti agricoli. La potenza elettrica è di circa 70kW, resa disponibile per l'azienda. L'attività di ricerca, ancora in corso, è focalizzata alla messa a punto dell'impianto ed al test di materiali tipici dell'agricoltura toscana: scarti di vite e olive.

La ricerca nell'ambito della conversione energetica della biomassa si avvale anche del supporto di un impianto sperimentale di Pirolisi e di banchi prova per biocombustibili liquidi.

L'impianto di Pirolisi, installato presso l'Az. Agricola di Montepaldi (San Casciano V.P. -FI) è un sistema di pirolisi intermedia che permette di testare circa 1.5 kg di materiale. Esso produce olio di pirolisi che può essere utilizzato per la produzione diretta di energia o per l'estrazione di materiali ad alto valore aggiunto e permette di testare materiali di differente provenienza, sia solidi sia liquidi.

Una MGT Capstone da 30kW di Potenza Nominale con circuito di alimentazione predisposto per alimentazione con olio vegetale è installata con lo scopo di effettuare test alimentandola con differenti combustibili: diesel, biodiesel ed olio vegetale puro.

Di grande interesse per la produzione di biocombustibili sono le microalghe, e nel contesto, il CREAR collabora con il DIBA (Dip. Micro Biologia Agraria) per lo sviluppo di progetti sia Europei che extra-EU (Cile,

Israele, ecc.) focalizzati all'ottimizzazione energetica dei processi colturali ed all'analisi dei prodotti ottenuti delle coltivazioni.

Nell'ambito dei Biocarburanti, il CREAM ha inoltre coordinato e partecipato a svariati progetti nazionali ed Europei, tra i quali preme particolarmente ricordare il coordinamento del progetto LIFE VOICE, all'interno del quale sono state studiate e messe in pratica alcune filiere corte (all'interno della stessa azienda agricola) per la produzione e l'utilizzo dell'Olio Vegetale Puro sia per la generazione energetica (elettrica e termica) sia per alimentare Trattori modificati.

Più recentemente, il Consorzio RE-CORD sta prendendo parte al progetto ITAKA ("Initiative Towards sustAinable Kerosene for Aviation", lanciato da un consorzio formato dalle maggiori aziende aerospaziali e di combustibili). ITAKA è un'iniziativa supportata dalla Commissione Europea all'interno del Settimo Programma Quadro che mira a contribuire all'obiettivo di raggiungere, entro il 2020, la produzione di 2 milioni di tonnellate di biocombustibili per aviazione, secondo quanto previsto dalla "Biofuel Flight Path Initiative" della Commissione stessa. Come materie prime per la conversione in biokerosene ITAKA utilizzerà olio di Camelina Europea e possibilmente olio alimentare usato, così da ottenere un risparmio di emissioni di Gas Serra al minimo pari al 60% se confrontato con il combustibile aeronautico di origine fossile "Jet A1". Le attività del Consorzio RE-CORD all'interno del progetto sono principalmente focalizzate allo studio dei metodi di pretrattamento dell'olio alimentare usato (used cooking oil, UCO) quali ad esempio l'esterificazione, attraverso l'uso di una unità pilota che è installata presso il Consorzio.

Nell'ambito dello sfruttamento dell'energia solare, alcuni prototipi per concentratori solari sono stati ideati per integrare in modo innovativo un insieme di soluzioni progettuali, studiate per inseguire in maniera mono-assiale la radiazione solare, permettendo sia un incremento dell'energia solare diretta, captata su base annua, e sfruttandola per la produzione di energia sia elettrica sia termica.

Tale filone di ricerca si sta svolgendo all'interno del "Progetto Power from the Sun", dove la progettazione e la realizzazione di nuovi impianti passa attraverso una *review* delle attività di ricerca industriale riguardanti le tecniche di concentrazione e le tecnologie per la cogenerazione di energia (fotovoltaica e termica) da fonte solare, nonché lo studio del mercato di riferimento, per giungere poi al design dell'impianto. Le attività di tale progetto comprendono, infatti, la progettazione del dispositivo e, ai fini della verifica della correttezza della progettazione, la costruzione di due breadboard e lo svolgimento dei relativi test. La progettazione interessa l'ottica di concentrazione, il sistema di generazione fotovoltaico-termico, il sistema di inseguimento e azionamento, ed il sistema termodinamico.

La verifica delle soluzioni tecniche individuate avverrà tramite la realizzazione in laboratorio di due modelli (completi o parziali) del prodotto finale e tramite la relativa attività di test. I modelli, che nella pratica industriale sono talvolta designati con la denominazione “breadboard”, serviranno a confermare la fattibilità e/o l’adottabilità delle soluzioni e delle tecnologie individuate. La progettazione si avvale anche dell’analisi termo-fluidodinamica del dispositivo per individuare gli aspetti su cui impostare la progettazione, ossia la scelta del fluido termo-vettore, il layout della circuitazione del fluido termo-vettore, la scelta della forma ed il dimensionamento dei canali interni al collettore, l’isolamento termico del collettore, la superficie di riporto delle celle fotovoltaiche e lo studio del sistema di giunzioni collettore/collettore.

Le attività nell’ambito dell’eolico si concentrano, invece, sul settore del micro-eolico, e comprendono tutta la filiera, dall’ottimizzazione dei generatori esistenti attraverso strumenti di analisi fluidodinamica (Computational Fluid Dynamic, CFD) alla scelta delle migliori localizzazioni per l’installazione dei generatori (analisi dei dati di vento e micrositing).

L’eolico di piccola taglia, diffuso in maniera capillare laddove le condizioni lo permettano, rappresenta, infatti, un potenziale importante per lo sviluppo delle rinnovabili, alla luce anche del regime d’incentivazione particolarmente agevolato e della semplificazione delle pratiche burocratiche. L’eolico di piccola taglia permette, in virtù del ridotto impatto visivo e della varietà delle soluzioni tecnologiche attualmente presenti (le taglie maggiori sono attualmente limitate all’adozione di generatori ad asse orizzontale), di installare un generatore eolico in praticamente tutte le situazioni dove ci sia una risorsa vento da sfruttare. Nel corso dell’ultimo decennio si sono viste sviluppare molteplici soluzioni tecnologiche, anche delle più fantasiose, per catturare l’energia del vento anche integrando il generatore nelle strutture architettoniche. Il micro-eolico, in particolare, è rivolto a specifici mercati di nicchia, in applicazioni che richiedono soluzioni semplificate e concepite ad hoc, quindi irripetibili su macchine di media o grande taglia, ed a favore di tali applicazioni gioca anche la crescente sensibilizzazione verso le problematiche ambientali connesse al fabbisogno energetico della società. La consapevolezza di ciò spinge il singolo cittadino sempre più di frequente nella direzione di adottare per le sue esigenze civili o di piccola imprenditoria micro-impianti da FER. Per queste esigenze il micro eolico può offrire la giusta risposta. Il mini e micro eolico diffuso possono contribuire quindi a raggiungere gli obiettivi che il Governo Italiano ha preso nel 2010 per il 2020 con la Pubblicazione del Piano d’Azione Nazionale sulle Energie Rinnovabili, che mirano ad un parco installato di 16GW al 2020, di cui solamente 1GW da parchi eolici off-shore.

Nell'ambito del microeolico diventa importante individuare le migliori localizzazioni dove installare i generatori. Le attività di micrositing consentono di valutare l'idoneità di un'area a ospitare un impianto eolico; questa è principalmente determinata sulla base della risorsa vento locale e parte dall'analisi delle misure del vento prolungate nel tempo, che, assieme all'orografia del territorio, consentono di ottenere un quadro informativo completo. Da qui è poi possibile scegliere la migliore localizzazione per installare i generatori o, nel caso di più generatori, mettere a punto il layout del parco eolico. Il micrositing permette inoltre di individuare, sulla base dei prodotti esistenti sul mercato e delle caratteristiche del vento, la turbina più adatta al sito specifico. Nel corso della vita del CREAR, svariati lavori di micrositing sono stati svolti, con il supporto sia di strumenti software commerciali sia attraverso lo sviluppo di metodologie "in house".

Un caso particolare è rappresentato dalle attività di ricerca nell'ambito del recupero delle energie marginali, quali ad esempio lo sfruttamento dello spostamento d'aria generato dal traffico automobilistico su arterie di grande comunicazione, quali ad esempio le autostrade. La problematica presenta serie difficoltà, dovute principalmente all'estrema variabilità della "risorsa vento". A tal proposito sono state studiate attraverso l'utilizzo di strumenti CFD, importanti modifiche ad un "generatore tipo" modello Savonius; tali modifiche sono state progettate sulla base delle caratteristiche della risorsa vento estrapolata dai dati rilevati attraverso una campagna anemometrica mirata a caratterizzare gli spostamenti d'aria su di un tratto autostradale nel Nord Italia interessato da un intenso traffico anche di mezzi pesanti.

Le attività del CREAR si indirizzano anche verso nuove soluzioni tecnologiche per l'utilizzo dell'idrogeno come combustibile nelle moderne turbine a gas.

L'idrogeno non può essere di per sé considerato una fonte di energia, ma soltanto un vettore energetico, cioè un mezzo per immagazzinare e trasportare l'energia prodotta da altre fonti; per questo esiste molto interesse per l'idrogeno come potenziale mezzo di accumulo dell'energia prodotta attraverso le Fonti Energetiche Rinnovabili.

Per utilizzare l'idrogeno al posto dei combustibili di origine fossile, quale ad esempio il metano, nelle turbine a gas, è strettamente necessario la progettazione ex-novo del componente camera di combustione.

A fronte dei vantaggi, l'utilizzo dell'idrogeno in turbina presenta problemi non ancora completamente risolti per quanto riguarda l'incremento della produzione di NOx e l'elevato rischio di sviluppare fenomeni di "flash-back" e di "flame-holding" oltre a rischi di esplosione nella camera di combustione.

Una camera di combustione a silos di una MGT da 100kW (Turbec) è stata modificata e testata al 100% H₂. Per la progettazione delle modifi-

che ci si è avvalsi di strumenti CFD commerciali, e l'obiettivo principale è stato quello di prevenire il flash-back attraverso la progettazione di un nuovo condotto di premiscelamento, di un nuovo sistema di iniezione, incrementando la velocità del flusso riducendo al contempo il rapporto di equivalenza. La camera di combustione così modificata, benché caratterizzata da una fiamma premiscelata non perfetta, presenta un valore contenuto del "thermal field" ed ha inoltre mostrato un interessante miglioramento nelle emissioni di NO.