

NUOVE TECNOLOGIE PER LE BIOMASSE

Atlante nazionale del potenziale energetico delle Biomasse in Italia

Nell'ambito dell'Accordo di Programma con il Ministero dello Sviluppo Economico, è stato realizzato un Atlante on-line www.atlantebiomasse.enea.it dove sono pubblicate le informazioni relative al potenziale energetico delle biomasse distribuite sul territorio nazionale.

Disponibili nel C.R. Trisaia un "SERVER" dedicato e una "WORKSTATION" condivisibili intranet, su tali supporti hardware sono installati software specialistici.

A tali facilities tecnologiche si deve aggiungere la dotazione del corposo pacchetto dati comprendente i 7 geodatabase delle biomasse provinciali italiane (residui agricoli, forestali, biogas suini, biogas bovini, FORSU, scarti macellazione, Colture Energetiche), la disponibilità della banca dati ITALIA 100, con gli shapefile dei limiti amministrativi, aree urbane, strade, ferrovie, boschi, idrografia, aree protette, ed infine il Modello Digitale del Suolo a 20 metri, questi dati sono riferiti a l'Italia intera.

Impianto di gassificazione di biomasse con sistema di pulizia integrato nel reattore.

Nell'ambito del progetto Unique (7FP) si è progettato ed è stato realizzato un reattore di gassificazione di biomasse di nuova concezione. Sulla base di un già esistente reattore a letto fluido bollente con circolazione interna (ICFBF) da 1 MWth, è stato progettato un gassificatore adatto all'inserimento all'interno del suo freeboard di una piastra tubiera recante una serie di candele ceramiche per alta temperatura. Le candele, contenenti uno speciale strato di materiale catalitico, consentono nello stesso tempo, la filtrazione del syngas e la conversione catalitica dei tar contenuti in seno al gas stesso.

Impianto di gassificazione biomasse accoppiato a una cella MCFC da 125kWe

Sono stati concluse le opere civili connessi ai serbatoi di stoccaggio dei gas criogenici (anidride carbonica, azoto, ossigeno) e dell'idrogeno compresso e alla collocazione della MCFC. Sono stati collocati i principali componenti dell'impianto: vessel di contenimento della cella a combustibile; serbatoi criogenici, compressore aria ed i riscaldatori delle correnti anodiche e catodiche da alimentare al vessel.

Impianto di gassificazione per produzione di metanolo e idrogeno

Nell'ambito del progetto Tecnoparco è stato completato l'impianto di gassificazione a letto fisso ed è iniziata l'attività sperimentale per lo studio di diversi processi: gassificazione biomassa/rdi/carbone, produzione di miscele di idrogeno per fuel cell e processi di sintesi.

Bioetanolo di seconda generazione via steam-explosion

Sono stati avviati due importanti progetti: il primo, con il gruppo industriale Mossi & Ghisolfi (M&G), finalizzato alla produzione di bioetanolo di seconda generazione da lignocellulosiche via pretrattamento con steam explosion, nell'ambito del tema Efficienza Energetica di Industria 2015 (progetto PRIT); il secondo progetto, finanziato dal 7PQ, finalizzato alla realizzazione di un impianto dimostrativo di idrolisi e fermentazione (progetto BIOLYFE).

NUOVE TECNOLOGIE PER IL SOLARE TERMICO

Sono proseguite nel corso del 2009 le attività, su commessa di aziende operanti nel settore, di prove di qualificazione e caratterizzazione energetica di collettori e sistemi solari termici a bassa temperatura secondo le normative europee EN12975 ed EN12976 e relativa emissione di certificati con marchio ACCREDIA.

E' proseguita inoltre la partecipazione e il supporto ai comitati tecnici nazionali (CTI) ed europei di nomina sul solare termico (CEN TC312) in qualità di rappresentante nazionale. Sono stati svolte

delle sperimentazioni su sistemi solari a media temperatura sia per produzione di energia termica che ibrida fotovoltaico-solare. È stata completata la progettazione del laboratorio per la caratterizzazione di collettori solari a media temperatura.

ECOBUILDING

Nel corso dell'anno è stato sviluppato un progetto molto significativo per la progettazione di un edificio , ad alta efficienza energetica, nell' ambito del Contratto di Quartiere II del Comune di Rossano (CS) finanziati dal Ministero delle Infrastrutture con Delibera n. 42 del 23/07/2004.

In questo edificio, con destinazione d'uso terziario pubblico, saranno allocati uffici e ambienti per attività sociali. Il progetto è caratterizzato dall'applicazione integrata di tecnologie innovative per l'involucro efficiente, il condizionamento invernale ed estivo, la ventilazione ibrida e le fonti rinnovabili.

Per l'analisi energetica e l'ottimizzazione sono stati utilizzati codici di simulazione dinamica per la verifica delle scelte di progetto e valutarne le prestazioni energetiche del sistema edificio impianto.

Per il Comune di Vittorio Veneto, nell'ambito del Contratto di Quartiere II - Quartiere Serravalle, è stato prodotto uno studio per interventi per l'innovazione tecnologica mirata al recupero di edifici residenziali vincolati. Gli interventi messi a punto comprendono la riqualificazione della copertura dell'edificio, l'utilizzo di speciali materiali per migliorare le caratteristiche di inerzia dell'involucro opaco, infissi ad alta prestazione con vetri basso-emissivi, sistemi per l'utilizzo del solare termico, un impianto di riscaldamento a bassa temperatura , pannelli radianti, domotica, illuminazione ad alta efficienza, sensori di presenza e corpi illuminanti a alta efficienza.

È stato realizzato un edificio residenziale, in provincia di Alghero, caratterizzato dallo studio di nuovi materiali e sistemi biocompatibili finalizzati al recupero energetico ed alla sicurezza per u nuovo modello abitativo, di moderna concezione. Obiettivo di questo progetto sperimentale è stato quello di studiare e realizzare un sistema valido, qualitativamente ed economicamente, per la produzione di materiali biocompatibili e di nuove tipologie di servizi da utilizzare nelle costruzioni per civile abitazione .

Questa attività, finanziata in riferimento alla L 297/99 bando del MIUR- progetto di ricerca 4925, ha impegnato l'ENEA nel ruolo di supervisione, coordinamento e assistenza tecnico-scientifica in tutte le fasi di realizzazione del progetto.

È stato svolto per le il Provveditorato alle Opere Pubbliche della regione Toscana ed Umbria un attività per la valutazione energetica del complesso dell'Istituto Universitario Europeo in Fiesole (FI), formato da cinque edifici di cui sono stati presi in esame quelli della Badia Fiesolana e di Villa Schifanoia, entrambi vincolati dai Beni Architettonici e paesaggistici. Lo studio ha comportato la valutazione dei fabbisogni energetici dei corpi di fabbrica che compongono il complesso, l'analisi dei consumi energetici, campagne di monitoraggio per la valutazione del confort interno, uno studio di fattibilità per la realizzazione di un impianto di co-trigenerazione, e un progetto di prefattibilità per la realizzazione di pensiline fotovoltaiche da installare nelle aree a parcheggio. Obiettivo dell'attività è stata la definizione di interventi, sul sistema edificio-impianto, finalizzati alla riqualificazione energetica, alla riduzione dei consumi e delle emissioni.

EFFICIENZA ENERGETICA

Metodologie innovative e applicazioni per l'efficienza energetica negli edifici

Nell'ambito dell'accordo di Programma ENEA-MiSE sulla Ricerca di Sistema è proseguito lo sviluppo della piattaforma Odesse per la progettazione ottimale integrata di co building e distretti energetici: sono stati sviluppati modelli dinamici di impianti sia convenzionali che innovativi basati su

fonti rinnovabili. La disponibilità di simulare modelli dinamici di impianti integrati con il singolo edificio o un cluster di edifici, permette di valutare i potenziali di risparmio e d'impatto economico di eventuali nuove tecnologie che si affacciano sul mercato.

Per quanto riguarda i sistemi di climatizzazione innovativa, è stato realizzato il progetto ed è iniziata l'installazione di un impianto basato su tecnologia solar cooling, che permette di sfruttare il calore solare estivo per fare il raffrescamento dell'edificio. Il principale vantaggio dell'architettura impiegata consiste in un risparmio di energia primaria valutabile intorno al 50% rispetto ad un analogo impianto tradizionale, grazie ad una ottimizzazione della progettazione dei singoli componenti, eseguita con codici numerici dinamici, che ha permesso la riduzione dei costi.

Metodologie innovative ed applicazioni per l'industria e prodotti industriali

E' stato progettato e costruito il sito web www.elettrotecnologie.cnea.it per la diffusione di tecnologie elettriche innovative e efficienti a maggior potenziale di penetrazione sui mercati.

Sono stati sviluppati modelli di simulazione dinamici per impianti di micro cogenerazione calibrati e validati con le principali tecnologie esistenti in commercio (turbine e motori a combustione interna) per applicazioni in reti energetiche locali al fine di valutarne i potenziali di diffusione in ambito residenziale. E' stata realizzata un'applicazione esemplare, in area integrata industriale (distretto energetico), di uno studio per l'ottimizzazione dei flussi energetici (elettrici e termici) nei processi produttivi attraverso l'utilizzo di tecnologie elettriche e cogenerative per il recupero del calore, la riduzione dei consumi e l'aumento della efficienza energetica. Lo studio ha preso in considerazione l'area del distretto industriale, descrivendo le principali grandezze economiche ed energetiche relative ad un panel di aziende del distretto, nonché le più importanti azioni intraprese in campo energetico-ambientale. E' stata sviluppata una piattaforma software (LITESTAR11) per modellazione, progettazione assistita, simulazione di controlli e di gestione di impianti illuminotecnici. Sono state eseguiti studi di sistema e simulazioni per l'applicazione ad una funivia e a un carro ponte di dispositivi di accumulo elettrico a batterie e a supercondensatori. Gli studi hanno portato al dimensionamento del sistema di accumulo comprese le valutazioni tecnico-economiche, e all'effettuazione di prove di caratterizzazione del sistema di accumulo prescelto e dell'interfaccia con la rete. E' proseguita nel 2009 l'attività di verifica tecnica finalizzata alla quantificazione dei risparmi di energia delle proposte progettuali presentate dai soggetti ammessi ad operare nell'ambito del meccanismo dei "titoli di efficienza energetica" (TEE), anche detti "certificati bianchi" (CB), nell'ambito della convenzione con l' AEEG: sono state analizzate più di 900 proposte di progetto.

Nell'ambito di un progetto finanziato dal Ministero della Ricerca, nell'ottica dell'efficientamento dei sistemi di produzione di energia elettrica, si sta mettendo a punto un sistema di supervisione degli impianti turbogas a ciclo combinato al fine di migliorarne l'efficienza sulla base di un'intelligenza avanzata. Nel 2009 è stata sviluppata una metodologia per l'ottimizzazione della procedura di accensione delle macchine turbogas, attività che risulta particolarmente critica per la sua integrità e la sua durata, in vista di una gestione più flessibile dell'impianto richiesta dalle nuove caratteristiche del mercato dell'energia e dell'introduzione di sistemi di produzione di energia elettrica distribuiti sul territorio.

Sistema nazionale della governance dell'efficienza energetica

Nel corso del 2009 e secondo quanto indicato nel Piano Nazionale di Efficienza Energetica a proposito dell'importante ruolo che le ESCo (Energy Service Company) possono svolgere per la promozione dell'efficienza energetica in tutti i settori economici, in particolare nel settore pubblico, ENEA ha svolto un'approfondita attività di analisi del panorama delle ESCo in Italia e delle caratteristiche del mercato attuale evidenziando i principali ostacoli ad una loro più consolidata diffusione e i più evidenti disservizi, in generale derivanti da una lacunosa normativa specifica. Particolare attenzione è stata data alla definizione di modello organizzativo di una ESCo pubblico-privata proprio orientata al supporto di programmi di efficientamento nell'ambito degli Enti Locali (soprattutto Comuni).

Un altro interessante risultato è stato lo sviluppo una metodologia per la valutazione di indirizzi e obiettivi strategici di politica energetica e costituisce un riferimento per la pianificazione di interventi futuri mirati al miglioramento delle prestazioni energetiche degli edifici di edilizia economica e popolare.

Importanti risultati sono stati ottenuti inoltre dalle attività sviluppate in ambito Accordo di Programma con il MSE e precisamente:

- **Aggiornamento dell'Archivio dei Dati Climatici**

E' stato prodotto lo studio "Metodologia per l'elaborazione dei dati climatici necessari per la progettazione degli impianti per il riscaldamento degli edifici". Lo studio contribuisce a colmare alcune delle lacune esistenti nella normativa tecnica e nei documenti tecnici pre-normativi per quanto attiene i dati riguardanti il comportamento termico degli edifici. La finalità è la costruzione "dell'anno tipo" e l'aggiornamento della norma UNI 10349. Questo approccio consente di fornire elementi anche per la definizione di zone climatiche estive del territorio italiano. La metodologia sviluppata è stata applicata, quale caso esemplificativo, ai dati climatici aggiornati della regione Lombardia.

Inoltre è stato messo appunto un metodo di calcolo dell'**Indice di severità del clima** che mette in relazione il fabbisogno di energia per il raffrescamento degli edifici e la verifica, mediante simulazioni, della congruità della relazione confrontando il fabbisogno di energia calcolato secondo normativa con quello stimato attraverso l'indice di severità climatica. Tale indice è necessario alla classificazione del territorio in zone climatiche estive e per definire i valori limite dei consumi energetici per il raffrescamento estivo in relazione alle caratteristiche dell'involucro.

- **Caratterizzazione di materiali e componenti semitrasparenti di facciata**

Le attività sulla caratterizzazione dei materiali trasparenti si sono focalizzate sull'integrazione del componente trasparente con i sistemi schermanti al fine di valutare i benefici ottenibili in termini di comfort visivo e risparmio energetico per la climatizzazione estiva. In particolare è stato sviluppato un *Software per il calcolo delle prestazioni dei sistemi ombreggianti*, dedicato al calcolo delle proprietà luminose, solari e termiche di sistemi trasparenti integrati con elementi schermanti

- **Analisi statistica sul parco edilizio non residenziale e sviluppo di modelli di calcolo semplificati.**

È stata condotta una indagine statistica approfondita dedicata alla "Caratterizzazione del parco immobiliare ad uso ufficio". L'indagine, condotta in collaborazione con il CRESME, ha prodotto il primo studio statistico in grado di definire un set di edifici tipo per uffici rappresentativi del parco italiano, suddivisi per zona geografica, climatica e demografica. Una parte dello studio è dedicata al settore degli uffici pubblici. E' stata inoltre realizzata una analisi sul settore alberghiero, al fine di caratterizzarne sia le tipologie edilizie più comuni che i principali profili di consumo.

E' stato effettuato infine un confronto fra le metodologie di calcolo e di certificazione adottate in vari paesi europei (Austria, Francia, Germania, Inghilterra, Portogallo e Spagna), al fine di razionalizzare le informazioni disponibili in tema di prestazioni energetiche dei sistemi di illuminazione ibridi (naturale + artificiale), sia dal punto di vista normativo, che dal punto di vista del componente schermante, che dal punto di vista delle soluzioni tecnologiche (componente + sistema illuminante + sistema di controllo).

- **Valutazione dei consumi nell'edilizia esistente e benchmark mediante codici semplificati**

Sono state indagate le principali metodologie di benchmarking e messi in evidenza alcuni fattori chiave su cui intervenire per progettare e realizzare centri commerciali caratterizzati da un elevato livello di compatibilità ambientale. Particolare attenzione è stata posta al processo metodologico per il calcolo degli indicatori prestazionali relativi al fabbisogno energetico.

- **Realizzazione di un database di sistemi e tecnologie di generazione distribuita**

L'attività svolta ha riguardato la realizzazione di un database di sistemi di microgenerazione, con l'indicazione dei componenti del sistema di conversione energetica, evidenziando i principali indici di prestazione energetica. È stato prodotto un software, a disposizione dell'utenza, scaricabile dal sito ENEA

Nel corso del 2009 sono proseguite inoltre le attività previste dalla convenzione con il MSE relative alle detrazioni fiscali del 55% per interventi di riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente

In particolare è stata intensificata l'attività di assistenza al pubblico, con il potenziamento del servizio di consulenza via posta elettronica, l'aggiornamento del sito d'informazione dedicato, l'aggiornamento della banca dati, l'assistenza e la formazione agli operatori del call center, la partecipazione a numerosi eventi (seminari, convegni e workshop) organizzati da ENEA o a cui ENEA è stata ospite che ha permesso una capillare informazione e diffusione dei risultati ai vari target group obiettivo.

Nell'ambito di una nuova convenzione con il MSE, è stato inoltre predisposto un sito dedicato alle detrazioni fiscali del 20% per i motori elettrici ad elevata efficienza ed i variatori di velocità. ENEA, incaricato di ricevere e gestire la documentazione obbligatoria per fruire delle detrazioni fiscali, attraverso il sito mette a disposizione informazioni sugli incentivi, sulle modalità per ottenerli e sulla procedura per la compilazione e l'invio dei dati.

MOBILITÀ E TRASPORTI

Logistica per una mobilità sostenibile

Nel 2009 hanno preso l'avvio le attività previste nell'ambito del progetto PEGASUS (ProgEtto per la Gestione della mobilità attraverso Sistemi infotelematici per l'ambito Urbano, per la Sicurezza di passeggeri, veicoli e merci) del programma Industria 2015. È stato sviluppato un

lavoro di messa a punto e di valutazione della capacità predittiva con due diverse tecniche, la prima basata su reti neurali, la seconda su tecniche di pattern matching e sono stati effettuati diversi studi per caratterizzare la mobilità privata della provincia e del comune di Firenze.

In collaborazione con l'Università di Firenze è stato realizzato un codice per la macrosimulazione del trasporto multimodale e multiutenza del trasporto delle merci (TIMM). Il sistema software implementa una metodologia che consente di valutare i flussi di merce, i tempi e i costi per singola modalità di trasporto (strada, ferrovia, mare) su tutti gli archi della rete e in quelli di interscambio modale (porti, interporti). Il sistema fornisce una stima dell'attuale assetto del sistema nazionale di trasporto delle merci e risulta essere di fondamentale importanza per la pianificazione strategica del trasporto multimodale.

Nell'ambito delle attività di un contratto di ricerca con il Ministero dei Trasporti, è stata svolta un'analisi di Life Cycle Assessment sugli effetti delle politiche di incentivazione al rinnovo del parco auto e un'analisi sulle ricadute della crisi economica e dell'andamento del prezzo del petrolio sulla mobilità italiana ed europea.

Nel corso del 2009 si è poi concluso il progetto SITI (Sicurezza In Tunnel Intelligente) con una valutazione costi-benefici dei quattro principali sistemi tecnologici sviluppati nel corso del progetto di cui due (DSS per la gestione del traffico in caso di emergenza, sistema di monitoraggio di merci pericolose) interamente progettati e realizzati dall'Enea. I risultati dell'analisi hanno dimostrato che entrambi i sistemi presentano indicatori di valore di rendimento superiore alla norma e quindi sono in grado di produrre benefici per la collettività in particolare nel caso del DSS per la gestione del traffico in caso di emergenza si prevede un ritorno positivo degli investimenti già dal primo anno di esercizio.

Veicoli a basso impatto ambientale

Sono proseguite le attività di ricerca e sviluppo sulle micro vetture, con il completamento delle prove sulla Urb-e Urban ecology ed i lavori su una seconda micro vettura con sistema di trazione ibrido parallelo. Parallelamente vengono portate avanti attività sperimentali sulle batterie Litio-Ione, finalizzate alla messa a punto del sistema di gestione della batteria (BMS), che ci vede coinvolti anche nell'ambito di tre progetti per Industria 2015, LIVE, MECCANO e MUSS. Il sistema alternativo a tramvie e filovie in ambito urbano denominato "ZeroFilobus" è in corso di sviluppo nell'ambito del progetto PBI per Industria 2015 Mobilità Sostenibile". E' stato messo a punto il modello del sistema di trazione/accumulo, dimensionando gruppo di conversione primaria e sistema di accumulo per le diverse versioni previste (8, 9, 12, 18 m, propulsione termica ibrida, solo elettrica con ricarica notturna e con ricarica distribuita, ad idrogeno), e di conseguenza sono state definite le specifiche tecniche del sistema di captazione di bordo e della stazione e rete di terra. Proseguono inoltre le attività di ricerca previste dal progetto MyHbus, con la messa a punto delle motorizzazioni alimentate a miscele metano-idrogeno.

IDROGENO E CELLE A COMBUSTIBILE**Celle a combustibile**

Nel settore delle celle a combustibile ad elettrolita polimerico sono state svolte, nell'ambito dell'Accordo di Programma con il MiSE, attività di ricerca e sviluppo di materiali e componenti innovativi (membrane in grado di funzionare in condizioni di scarsa umidificazione, strati diffusivi con caratteristiche migliorate, catalizzatori con minor contenuto di platino) e sono stati studiati nuovi metodi per la preparazione degli elettrodi e degli insiemi membrana/elettrodi. Tali attività, che si pongono l'obiettivo generale di ridurre i costi e aumentare la durata delle celle, sono state affiancate da studi e sperimentazioni su altri componenti del sistema, come quelli per la conversione dei combustibili in idrogeno, e dalla caratterizzazione di un sistema completo da 1kW, alimentato a GPL, realizzato in collaborazione con l'industria nazionale.

Per le celle a combustibile a carbonati fusi, nell'ambito di un progetto FISIR sono proseguite le attività relative alla realizzazione di due impianti sperimentali, il primo per l'alimentazione di uno stack da 125 kW con gas ottenuto dalla gassificazione delle biomasse (presso il C.R. Trisaia) e il secondo per la sperimentazione dei sistemi ibridi cella/turbina (presso il C.R. Casaccia). All'interno dell'Accordo di Programma con il MiSE è stato ottimizzato, in collaborazione con FN, il nuovo processo di produzione "in plastico" delle matrici, sviluppato nel corso del 2008, ed è stata avviata lo sviluppo di un processo analogo per la produzione degli elettrodi; sono stati anche studiati i problemi connessi all'alimentazione delle celle a carbonati fusi con biogas, con attività di ricerca che hanno riguardato sia la produzione di biogas a minor contenuto di impurezze ed i relativi processi di purificazione, che lo studio dell'influenza dei contaminanti sulla degradazione della cella e lo sviluppo di componenti più resistenti agli stessi.

Sempre nel settore delle celle a combustibile sono continuate le attività relative alla definizione e diffusione delle procedure di prova dei componenti e del sistema, condotte nell'ambito dei progetti europei FCTESQA e FCTEDI, coordinati da ENEA.

Sistemi di accumulo

Nell'ambito della collaborazione in corso con la Marina Militare per lo studio di sistemi d'accumulo di nuova concezione per sommergibili con celle a combustibile, sono stati realizzati diversi dimostratori da laboratorio ed eseguite le attività sperimentali per verificare la fattibilità tecnica di diverse soluzioni per l'accumulo dell'idrogeno (idruri chimici a base di sodio boro idruro o di idruro di litio) e di ossigeno (perossidi).

Nel settore dei sistemi di accumulo elettrochimico sono proseguite le attività del progetto europeo HYSYS (Fuel Cell Hybrid Vehicle System Component Development), nell'ambito del quale l'ENEA

ha caratterizzato secondo procedure standardizzate 20 celle di 2 moduli completi, verificandone le condizioni di invecchiamento dopo un semestre di sollecitazioni termiche in diverse condizioni non operative. Sono state inoltre avviate attività di valutazione dell'impiego delle batterie al litio come sistemi di accumulo per le reti elettriche nell'ambito dell'Accordo di Programma con il MiSE.

Durante il 2009 sono stati approvati nuovi progetti, proposti sia in ambito nazionale che europeo, e si è proceduto, per alcuni di essi, all'avvio delle attività nella fase finale dell'anno. In particolare:

- per le celle a combustibile: due progetti su sistemi di cogenerazione nell'ambito di Industria 2015, il primo con celle ad ossidi solidi (EFESO, coordinato da Merloni, 1-2,5 kW), il secondo con celle polimeriche (Microgen-30, coordinato da ICI Caldaie, 30 kW), e un progetto europeo sulle celle a carbonati fusi (CONTEX);
- per l'idrogeno, un progetto europeo sulla valutazione dei programmi dimostrativi (Prepar-H₂);
- per i sistemi di accumulo elettrochimico: due progetti nell'ambito di Industria 2015, il primo su sistemi di illuminazione che incorporano generazione e accumulo di energia (ALADIN, coordinato dal C. R. Plastoptica) e il secondo sui veicoli per mobilità sostenibile (MUSS, coordinato da Piaggio); due progetti europei, uno su batterie al litio per veicoli elettrici (HELIOS), l'altro su veicoli ibridi commerciali pesanti (HCV).

Sono state infine presentate nuove proposte per progetti europei sulle celle a combustibile.

Per quanto riguarda le collaborazioni internazionali, l'ENEA ha partecipato ai lavori del Raggruppamento degli Enti di ricerca (N.ERGHY) che opera nell'ambito del Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking della Commissione Europea; è inoltre stato presente in collaborazioni come gli Implementing Agreements IEA sull'idrogeno, sulle celle a combustibile e sui veicoli elettrici e ibridi e l'International Partnership for Hydrogen Economy.

ENERGETICA AVANZATA

Tecnologie CCS e impiego sostenibile dei combustibili fossili

Tecnologia pre-combustion: nell'ambito ADP con MSE, si è iniziata la realizzazione della complessa infrastruttura sperimentale che sarà costituita dalla piattaforma dell'**impianto ZECOMIX** e da tutti gli impianti ausiliari connessi (bunker gas, piattaforme serbatoi, sala controllo ecc.). E' stato ottimizzato il simulatore dell'impianto e dei principali processi chimico fisici coinvolti. E' stata condotta una complessa attività di sperimentazione presso le infrastrutture del Centro ENEA della Casaccia e in particolare:

sull'**impianto MICOS** ha avuto inizio la caratterizzazione sperimentale di un primo prototipo di bruciatore Trapped Vortex (TV) caratterizzato dal realizzare una combustione "senza fiamma" (MILD), altamente controllabile, efficiente e a bassissime emissioni. Parallelamente è stata condotta un'attività di simulazione numerica volta alla messa a punto di geometria più avanzate di bruciatori TV, da impiegare per parziale o totale sostituzione di bruciatori per turbine a gas commerciali; sull'**impianto IDEA**, sono state effettuate campagne di prova finalizzate alla qualificazione di un innovativo sistema diagnostico, di brevetto ENEA, il controllo di instabilità di combustione in turbogas, ed alla qualificazione di codici di simulazione.

Inoltre nell'ambito del progetto CARBOMICROGEN sono state avviate una serie di attività sperimentali da laboratorio per lo studio di una innovativa configurazione impiantistica per la gassificazione di carboni molto ricchi di tar e zolfo come il carbone del Sulcis e per lo studio della pirolisi e del cracking termico/catalitico del tar.

Tecnologia oxy-combustion: sono proseguite le analisi parametriche, condotte con simulazione di grande scala, per indagare gli effetti delle principali variabili di processo, e per l'ottimizzazione del progetto di un reattore ad oxy-combustione. Parallelamente sono stati sviluppati modelli per la descrizione dei fenomeni di interazione multifase (gas-solido-liquido) relativi al complesso e articolato

processo di oxi-combustione di uno slurry di carbone. Tali modelli vengono implementati nel codice ENEA HeaRT, installato sulla piattaforma CRESCO, che fa ricorso a metodologie numeriche avanzate di simulazione parallela. Questi studi hanno riguardato carboni di tipo commerciale e combustibili meno nobili come il carbone del Sulcis.

Nell'ambito del suddetto progetto sono stati progettati sistemi diagnostici basati su tecnologia ODC da destinare alla diagnostica e controllo del bruciatore a oxy-combustione. In collaborazione poi con En.Sy.En srl è stata sviluppata una nuova pompa volumetrica, a oscillazioni di portata nulle, che risolve l'annoso problema del pompaggio stabile di uno slurry di carbone. Il prototipo di pompa è stato testato su un banco sperimentale all'uopo realizzato.

Simulazione avanzata con calcolo ad alte prestazioni

Nell'ambito del Progetto HPC per lo sviluppo di tecnologie energetiche avanzate sono state svolte attività sulla piattaforma CRESCO mediante il codice ENEA HeaRT per lo studio di processi di combustione che richiedono elevate potenze di calcolo. Tali attività hanno avuto come finalità lo sviluppo della modellistica numerica per flussi bifase per lo studio di dettaglio dell'interazione solido-gas nei processi di combustione di polverino di carbone. In particolare nel corso del 2009 sono state eseguite una serie di simulazioni LES con lo scopo di testare i modelli fisici e numerici implementati nel codice.

Sviluppo di combustori innovativi

Nell'ambito di un Progetto Industria 2015 sono state messe a punto tecnologie diagnostiche avanzate, per processi di ossi-combustione in regime MILD, orientate alle misure di stabilità, di velocità e sue fluttuazioni, di temperatura e sue fluttuazioni, delle concentrazioni delle specie chimiche, che si avvalgono di simulazioni dinamiche effettuate con tecniche numeriche di tipo LES integrate a tecniche RANS. In particolare, per le finalità del progetto gli studi numerici sono effettuati con il codice proprietario ENEA, HeaRT-Mph, e sono focalizzati sullo studio del processo di interazione del getto di slurry con l'ambiente fortemente diluito (alta concentrazione di CO₂ e vapore). Per poter affrontare questo studio nel corso del 2009 è stata svolta un'intensa attività di sviluppo di tecniche numeriche volte a migliorare la stabilità ed efficienza del codice per ridurre i tempi di simulazioni LES su domini di notevoli dimensioni e nel contempo aumentare l'accuratezza del codice. In particolare è stata messa a punto ed implementata una nuova tecnica di trattamento 'Immersed Volume Method', che applica il metodo 'cut cell' in un codice alle differenze finite e staggered quale è HeaRT.

Impiantistica innovativa

Nell'ambito del programma Industria 2015 è iniziata la progettazione di un impianto sperimentale volto a provare il ciclo frigorifero a CO₂ per applicazioni a frigoriferi domestici.

Su commessa industriale è iniziata l'attività di progettazione di una pompa di calore ad assorbimento reversibile ad acqua ammoniacale per utilizzo domestico.

E' iniziata la progettazione dell'impianto sperimentale HETNA (HEat Transfer in NANofluids) per studi di caratterizzazione termica, fluidodinamica e meccanica di nanofluidi nell'ambito del progetto Europeo HENIX.

Sono proseguite le attività sull'impianto MICROBO (*MICROgravity BOiling*, realizzato per eseguire prove di ebollizione in convezione forzata all'interno di tubi in condizioni di microgravità) a supporto del progetto ESA denominato RUBI (Reference mUltiscale Boiling Investigation), per lo studio degli effetti di campi di forze esterne, quali il campo elettrico e lo shear flow sul comportamento di una bolla in assenza di gravità.

Per quanto riguarda invece l'attività sulla termofluidodinamica in microcanali, è stata eseguita la caratterizzazione del flow pattern nell'ebollizione di FC-72 all'interno di microcanali di quarzo da 480 µm, utilizzando una derivazione dell'impianto sperimentale MISHTRA *MicroScale Heat TRANSfer*.

3.4 TECNOLOGIE FISICHE E NUOVI MATERIALI

GOVERNO E SICUREZZA RETI TECNOLOGICHE E ENERGETICHE

Obiettivo del progetto è quello di dare all'ENEA un ruolo di primo piano nel sostenere il Sistema Paese ad affrontare le nuove sfide alla sicurezza poste dalla globalizzazione e dai processi di privatizzazione delle Grandi Reti Tecnologiche e di liberalizzazione dei mercati. Questo ruolo sta avendo un crescente riconoscimento attraverso la concretizzazione di un sistema organico di conoscenze, tecnologie ICT, metodologie e modelli sviluppati nel progetto, nonché l'applicazione a problemi concreti di interesse degli operatori/proprietari delle reti tecnologiche nazionali.

Dal punto di vista strategico, è stata creata una rete composta da rappresentanti di operatori/proprietari di reti, industrie del settore (prevalentemente del Gruppo Finmeccanica), enti di ricerca e università, attraverso la quale il Progetto ENEA ha acquistato una grande visibilità. Esso costituisce ormai il Progetto italiano di riferimento nel campo della Protezione delle Infrastrutture Critiche.

Particolarmente interessante è il portafoglio commesse acquisite dal Progetto, tutte a finanziamento comunitario, il quale anche nel corso del 2009 si è arricchito di nuove commesse consentendo l'implementazione di tutte le azioni previste dal punto di vista delle risorse finanziarie e umane.

Con riferimento alla realizzazione presso il C.R. della Casaccia di un Laboratorio d'integrazione e prova (Testbed) per lo sviluppo, l'integrazione e il test delle tecnologie e delle soluzioni ICT sviluppate allo scopo di diminuire la vulnerabilità delle Grandi Reti Tecnologiche e prevenire i fenomeni di caduta in cascata attraverso la condivisione d'informazioni in tempo reale, è stata completata la realizzazione di una piattaforma informatica contenente tutti i componenti necessari per implementare uno scenario d'interesse ACEA e TELECOM Italia, afferente a un episodio reale, il blackout delle telecomunicazioni di una vasta area di Roma del gennaio 2004. In particolare, nel corso dell'anno 2009 è stata condotta una campagna di prova delle tecnologie di *information sharing* tra gli operatori ACEA e TELECOM Italia allo scopo di ridurre i fenomeni di caduta in cascata. Il risultato è stato conseguito all'interno della partecipazione ENEA al Progetto EU-FP6 IRRIS *Integrated Risk Reduction of Information-based Infrastructure Systems* e ha beneficiato della partecipazione ENEA al Progetto EU-EPCIP ASTROM (*Assessment of resilience to threats of control and data management systems of electrical transmission network*) a fianco di D'Appolonia, ElsagDatamat, ERSE, TERNA, Booz&Co. Quest'ultimo Progetto costituirà la principale fonte di finanziamento per le azioni previste per l'ampliamento del Testbed nel corso dell'anno 2010, mentre dal punto di vista delle conoscenze necessarie un contributo importante verrà dalla partecipazione al progetto EU-FP7 SEESGEN-ICT (*Supporting Energy Efficiency in Smart Generation Grids through ICT*). Il Testbed è stato proposto come nodo italiano della rete ERN-CIP (*European Reference Network on Critical Infrastructure Protection*).

Con riferimento alla realizzazione di una Piattaforma informatica di tipo federativo, distribuita geograficamente, per l'analisi e la simulazione delle interdipendenze tra le reti elettriche, di telecomunicazione e ferroviarie e tra le stesse e il territorio su cui insistono, sono stati realizzati e messi a disposizione degli utenti strumenti basati su approcci diversi. Risorse importanti sono state dedicate alla integrazione dei vari strumenti. La Piattaforma costituisce il primo nucleo di una Infrastruttura di Ricerca a livello nazionale e pan-europeo per lo studio delle interdipendenze delle Infrastrutture Critiche Europee, con riferimento alla Direttiva 2008/114/CE del Consiglio d'Europa. L'Infrastruttura di Ricerca è stata proposta anche nell'ambito della Roadmap Italiana per le nuove Infrastrutture di Ricerca e in Europa per la Roadmap ESFRI. Il risultato è stato conseguito nell'ambito della partecipazione al Progetto EU-FP7 DIESIS *Design of an Interoperable European federated Simulation network for critical InfraStructures* e ha beneficiato della partecipazione ENEA al Progetto

EU-EPCIP MIA *Methodology for Interdependencies Assessment*, che vede la partecipazione di TERNA, ENEL, CFSI Ricerca, TELECOM Italia e Booz & Co. con ENEA Coordinatore nonché di quanto sviluppato negli anni precedenti all'interno della partecipazione al Progetto ENEA CRESCO (*Centro computazionale di RicErca sui Sistemi Complessi*). Questo primo nucleo dell'Infrastruttura di Ricerca sarà sviluppato ulteriormente nel triennio 2010-2012, mettendo a fattor comune le conoscenze e le risorse finanziarie e umane che scaturiranno dalla partecipazione ai Progetti EU-FP7 MICIE (*Tool for systemic risk analysis and secure mediation of data exchanged across linked CI information infrastructures*) and EU-EPCIP NEISAS (*National and European Information Shharing and Alerting System*). La Piattaforma è stata proposta come nodo italiano della rete ERN-CIP (*European Reference Network on Critical Infrastructure Protection*)

NUOVI MATERIALI PER L'ENERGIA

L'attività è articolata in 4 linee, per le quali si riportano di seguito i principali risultati conseguiti.

Materiali e componenti per cicli energetici ad alta temperatura

L'attività di ricerca ha riguardato lo sviluppo di materiali ceramici a base di carburo di silicio (SiC). In particolare è stata definitivamente dimostrata la capacità di "autoripararsi" del materiale costituito dalla soluzione solida SiC-AlN (carburo di silicio-nitrato di alluminio). Infatti è stato possibile mettere in evidenza che questo materiale, in ambiente ossidante e ad alta temperatura (>1300°C), possiede la capacità di riparare difetti dell'ordine di 0.3 mm. E' stata poi notevolmente migliorata la resistenza all'ossidazione di questa tipologia di materiale utilizzando dei droganti di sinterizzazione a base di ossidi di terre rare quali per esempio ossido di erbio, Er₂O₃.

Infine è stato dimostrato che è possibile ricoprire materiali a base SiC (per esempio SiC-AlN) con silicati di terre rare con un metodo innovativo basato sulla tecnologia denominata "pack cementation". L'attività di ricerca inoltre ha riguardato lo sviluppo di refrattari a base di allumina e materiali ceramici di recupero per aumentare la temperatura di lavoro nelle turbine a gas. Uno degli obiettivi del progetto MITGEA è l'incremento di 30°C della temperatura di fiamma (attualmente di 1430°C), mediante l'utilizzo di nuovi materiali per la realizzazione delle mattonelle che rivestono la camera di combustione. Tali materiali permettono inoltre di ridurre i tempi di fermata dell'impianto per le periodiche attività di ispezione e sostituzione delle mattonelle stesse. Nel progetto MITGEA si sono studiati inoltre: anodi lisciviabili di formulazione innovativa, rinforzate con aggiunta di nanoparticelle, per aumentare la resistenza a creep; TBC (Thermal Barrier Coating) maggiormente performanti per superleghe; liner per camere di combustione in materiale composito e relativi rivestimenti EBC (Environmental Barrier Coating), prodotti anche attraverso slurry coating. Nel progetto TYGRE (FP7), ENEA studia la produzione di polveri di SiC a partire da materiali di recupero. Sono stati prodotti componenti ceramici termostrutturali trasparenti, anche utilizzabili come mezzo attivo per laser. Si sono ottimizzate tecniche di formatura adatte alla produzione di dischi e finestre con diametro fino a 100 mm (progetto LACER). Si tratta di dimensioni di interesse per i laser di potenza, come quelli necessari per gli esperimenti di fusione a confinamento inerziale, nonché per finestre e supporti trasparenti per il fotovoltaico in ambito spaziale.

Materiali e tecnologie per le energie rinnovabili

Sviluppo di rivestimenti funzionali, applicabili su vetro e metalli, da tecniche di deposizione ad umido sol-gel ed elettroforesi. Sono stati sviluppati rivestimenti ceramici con funzionalità estetiche, per l'incremento della resistenza all'abrasione, alla corrosione e per facilitare la pulizia delle superfici (progetto Generator, convenzione Elettroplast).

Studio e proposta di utilizzo di materiali strutturali (p.es.: pale eoliche, tubi di sostegno) in materiali con maggior rapporto resistenza/peso (p.es.: compositi polimerici, vetroresina).

Sviluppo di nanomateriali funzionali (anche nanocompositi a matrice polimerica) anche sotto forma di *films* per produzione/assorbimento di radiazione.

Nel corso del 2009 è partito ufficialmente il progetto strategico regionale PS_95 "Materiali e metodologie innovativi per prodotti nel settore delle energie rinnovabili" (acronimo ENEA MIPER) finanziato al 70% dalla Regione Puglia. Il progetto della durata di tre anni coinvolge come partner pubblici l'Università del Salento, in qualità di capofila, l'ENEA e il Politecnico di Bari e come partner privati tre imprese salentine: la Jonica Impianti di Lizzano (TA), la Costruzioni Solari di Cavallino (LE) e la Processi Speciali di Brindisi. La prima di esse produce aerogeneratori di taglia medio/piccola, la seconda pannelli solari e la terza è specializzata in trattamenti superficiali per componenti aeronautici. A fine luglio 2009 si è costituita l'associazione temporanea di scopo tra tutti i soggetti, esplicitamente richiesta dal bando regionale. Il progetto prevede quattro obiettivi realizzativi; l'ENEA è coinvolto essenzialmente nella realizzazione di due di essi di seguito elencati: sviluppare materiali compositi termoindurenti con migliorate prestazioni in condizioni di esercizio estreme, utilizzabili con le tecnologie di trasformazione attualmente in uso per aerogeneratori; sviluppare materiali e processi per l'utilizzo di materiali compositi a matrice termoplastica per aerogeneratori e pannelli solari.

Progetto HICOGI (Sviluppo di materiali e processi per la realizzazione di rivestimenti altamente innovativi per l'industria vetraria ed oftalmica) - Sono stati sviluppati film nanocristallini di biossido di titanio con elevate caratteristiche di idrofilia (angolo di contatto $H_2O/TiO_2 < 7^\circ$) e meccaniche ottimi candidati per la realizzazione di superfici con proprietà fotocatalitiche e/o antiappannanti. E' stato condotto uno studio sistematico per correlare le caratteristiche morfologiche/microstrutturali di film nanocristallini di titania alle proprietà ottiche e idrofiliche.

E' stato messo a punto un processo, applicabile su scala industriale, per la realizzazione di film sol gel a base di silice mesoporosa a basso indice di rifrazione ($n_{550nm} = 1.32$) atto alla generazione di vetri ad elevata trasmissione della radiazione solare (96 % circa invece di 91.5%) (Rapporto Riservato Interno ENEA SOL/RS/2009/11).

Nell'ambito dello sviluppo di nanomateriali per celle solari sensibilizzate a colorante, DSSC, sono stati messi a punto metodi di crescita di nanostrutture di carbonio su materiali isolanti e trasparenti per la realizzazione di controelettrodi alternativi a quelli a base di Pt. Sono state sperimentate diverse forme di nanocarbonio. Sono stati inoltre messi a punto i trattamenti per la preparazione del fotoelettrodo e sono state ottimizzate le tecniche di assemblaggio della cella.

Nei materiali nanocompositi ibridi, i leganti organici rivestono un ruolo cruciale nel favorire i processi di trasferimenti di carica, tra nanocristalli semiconduttori (colloidi) e matrici, necessari per la produzione efficiente di una fotocorrente. La struttura del 2-fosfonotetracianoantrachinone è stata specificamente disegnata per modulare le proprietà elettro-ottiche di nanocristalli di CdSe. In particolare è stata messa a punto una procedura di sintesi chimica per la sostituzione dei leganti (ligand exchange), che hanno anche il ruolo di passivante dei nanocristalli colloidali, e di funzionalizzazione di nanocristalli di semiconduttori. I nanocristalli opportunamente funzionalizzati e dispersi in polimeri coniugati possono aumentare l'efficienza di conversione fotone-cariche elettriche in dispositivi fotovoltaici organici ibridi.

E' stato sintetizzato il complesso del cadmio $[Cd(SCH_2C_6H_5)_2]M_n$ con lo specifico obiettivo di utilizzarlo per la sintesi in situ via termolisi di materiali nanocompositi polimerici (nanocristalli di CdS dispersi in materiali polimerici). Il materiale scelto come matrice è il poli[2-metossi-5-(2'-etil-esilossi)-1,4-fenilene vinilene] MEH-PPV, un polimero organico coniugato con un opportuno valore del gap di banda che consente trasferimenti di carica fotoindotta tra matrice e nanocristalli. Il materiale ibrido MEH-PPV/CdS è di particolare interesse per la realizzazione di dispositivi fotovoltaici.

Partendo da una soluzione in cloroformio contenente il precursore e l'MEH-PPV sono stati depositati per casting film compositi su substrati di silicio o ITO. Successivamente i film sono stati sottoposti ad un processo di annealing termico in atmosfera di azoto in un forno a vetro di tipo Kugelrohr B-585. L'influenza della temperatura sul processo di nucleazione e crescita dei nanocristalli è stata studiata effettuando diversi processi di termolisi tra 175°C e 220°C. I materiali compositi sono stati caratterizzati con tecniche microstrutturali, microanalitiche e spettroscopiche.

Il processo di termolisi, descritto brevemente precedentemente, può essere sostituito da un processo di fotolisi utilizzando luce laser con una opportuna lunghezza d'onda (energia dei fotoni). Ciò permette di formare nanocristalli di semiconduttori (CdS) localmente e solamente in zone irraggiate con il laser ottenendo così un nanocomposito nel polimero stesso. Per questi esperimenti sono stati utilizzati precursori a catena lineare di tiolati di cadmio dispersi in polimero inerti (isolanti) quali TOPAS e PMMA. Questo processo permette di utilizzare sistemi di scrittura laser, e in particolare la microlitografia laser.

Materiali e tecnologie per vettori energetici innovativi e l'uso ottimale dell'energia

Progetto TEPsi: Termoproduzione di idrogeno da acqua:

È stata avviata una collaborazione scientifica finalizzata all'implementazione di un impianto pilota per la termoproduzione di idrogeno da acqua utilizzando il concentratore solare esistente presso La Sapienza. In tale prospettiva, e in piena integrazione con le attività in essere nel progetto TEPsi, il laboratorio di chimica dei materiali nell'unità MATCOMP ha ideato ed implementato una apparecchiatura finalizzata alla determinazione sperimentale delle entalpie di reazione relative al sistema ferrite di manganese/carbonato di sodio durante le fasi di termoproduzione e ripristino dei reagenti, dati fondamentali sia per le implementazioni impiantistiche.

Valutazioni cinetiche delle reazioni sono pure state effettuate, mediante studi XRD in situ su camera reattiva appositamente implementata allo scopo.

Progetto GREENSHIP: Termoproduzione di idrogeno da acqua

Focalizzando l'attenzione sul sistema NaOH / MnO, test termolitici le miscele acquose (slurries) hanno mostrato che a partire da fanghi invecchiati almeno 4 ore, ottenuti con polveri di area superficiale elevata, la produzione di idrogeno in funzione della temperatura può avvenire a temperature estremamente basse, con temperature di inizio processo fino a circa 400°C. Tale temperatura è pienamente compatibile con l'ipotesi di recupero di calore di scarto mediante utilizzo di fumi emessi da un sistema navale.

Sviluppo di elettrodi polimerici per celle a combustibile (PEFC electrodes).

Nel corso del secondo anno di attività del progetto GreenShip è stato sviluppato un metodo chimico semplice basato sulla riduzione con sodio boro idruro, senza trattamento termico in idrogeno, per la preparazione di catalizzatori supportati su carbone per l'ossidazione del metanolo. I risultati mostrano che, utilizzando questo metodo, è possibile depositare platino su diverse tipologie di substrati carboniosi ed in particolare il carbone di basso costo "Super P" potrebbe essere convenientemente utilizzato per la fabbricazione di elettrodi per celle a combustibile ad elettrolita polimerico o metanolo diretto.

Nell'ambito del progetto FISIR TECSA (Sviluppo delle Tecnologie delle celle a combustibile e dei sistemi per le loro applicazioni), sono stati realizzati elettrodi innovativi sostituendo la convenzionale polvere di carbone con nanostrutture di carbonio, in particolare nano pareti e nano fibre di varia morfologia. Il catalizzatore è stato depositato con tecniche non convenzionali quali elettrodeposizione e sputtering. Le prestazioni di questi elettrodi sono state studiate in semi-cella. Le nanofibre di tipo "platelet" con Pt elettrodepositato hanno mostrato attività catalitica superiore agli elettrodi commerciali a parità di quantità di Pt. Infine elettrodi con catalizzatore depositato per sputtering su strato diffusivo sono stati studiati in cell. Dal confronto con elettrodi catalizzati con metodi convenzionali è risultato che l'attività catalitica è confrontabile, ma il carico di Pt è più basso e il processo di fabbricazione dell'elettrodo risulta semplificato.

Nell'ambito del Progetto TEPsi Stoccaggio di idrogeno è proseguita l'attività di preparazione di compositi porosi per l'accumulo di idrogeno ottenendo pastiglie di materiale consolidato ad elevata conducibilità termica. Per alcuni campioni rappresentativi sono stati misurati i diagrammi di stato pressione-composizione-temperatura (PCT) per l'assorbimento di idrogeno. I dati ottenuti da ENEA con il metodo volumetrico sono stati confrontati con i dati ottenuti da CNR (ITAE) per gli stessi campioni mediante una tecnica di misura di tipo gravimetrico.

Relativamente allo studio dei sistemi solidi per l'immagazzinamento reversibile dell'idrogeno, sono stati messi a punto nanocompositi e composti intermetallici nanostrutturati a base Mg.

In quest'ottica l'attività sperimentale ha riguardato la sintesi e lo studio, dal punto di vista cinetico e strutturale, di sistemi "modello" e sistemi bulk più vicini alla sfera applicativa.

Il lavoro condotto su tali sistemi ha consentito lo studio da un lato degli aspetti microscopici dall'altro di indagare la miglior distribuzione dei catalizzatori necessaria al raggiungimento delle prestazioni richieste per lo sviluppo di serbatoi a stato solido per lo stoccaggio dell'idrogeno.

In particolare sono state realizzate nanoparticelle di magnesio (Mg) con struttura core-shell, per diverse dimensioni del core metallico e modificando la superficie mediante la decorazione con elementi di transizione aventi una buona attività catalitica nei confronti dell'idrogeno. Il nanocomposito costituito da nanoparticelle decorate presenta caratteristiche di assorbimento/desorbimento di idrogeno molto interessanti. La capacità gravimetrica è superiore al 5 wt.% e la trasformazione metallo-idruro si rivela completa. Le cinetiche sono molto rapide e il materiale rimane operativo nei confronti del carico/scarico di idrogeno fino alla temperatura di circa 550 K, relativamente bassa per il sistema magnesio. Inoltre, il nanocomposito appare stabile e non si osserva un degrado delle cinetiche in seguito a diverse decine di cicli completi ripetuti.

Sono stati ottenuti nanocompositi mediante macinazione meccanica.

I composti MgH_2/Nb_2O_5 sono stati sottoposti a ciclaggio mostrando un notevole miglioramento nella cinetica se sottoposti ad un ciclo completo di desorbimento ed assorbimento. Le misure effettuate a 300°C mostrano che non vengono alterate le capacità finali di idrogeno dopo ciclaggio ma vengono migliorate solo le cinetiche. Ulteriori ciclaggi (oltre 20 cicli) dei campioni non hanno portato ad ulteriori miglioramenti nella cinetica mantenendo però costante la capacità di stoccaggio di idrogeno.

Un nanocomposito MgH_2 con 10% in peso della lega ZrCrNi, preparato per macinazione meccanica macinando ad alta energia per 5 ore a 6 bar di Argon, ha mostrato ottime proprietà di assorbimento.

Non si è trovata formazione di fase tra l'idruro di Magnesio e gli elementi della lega sia nel campione macinato che in quelli sottoposti a ciclaggio. Per la stabilizzazione delle cinetiche e per il raggiungimento della piena capacità di idrogeno, si è reso necessario un processo di attivazione di 20 cicli a 300°C. Il campione assorbe e desorbe il 90% circa della sua massima capacità di idrogeno in solo 7 minuti a 300°C, anche a più basse temperature e cioè a 250°C il campione è in grado di assorbire e desorbire il 5.8% in peso. Il raggiungimento di questa capacità di idrogenazione superiore è attribuita all'effetto combinato della funzione catalitica della lega ZrCrNi e della nanostruttura del MgH_2 .

Mediante simulazioni di dinamica molecolare (MD) è stata studiata la diffusione dell'idrogeno su un'interfaccia Mg-MgH₂ ed ruolo del Ferro come catalizzatore. La distorsione del reticolo cristallino, dovuta al Fe, è responsabile dell'abbassamento della temperatura di desorbimento dell'idrogeno da parte dell'idruro.

Sono stati inoltre prodotti materiali a base carbone, in particolare nanotubi e grafite nanostrutturata generati per scarica ad arco, sono in corso attività su grafite drogata con metalli alcalini per l'utilizzo nello stoccaggio d'idrogeno grazie alla polarizzazione delle molecole d'idrogeno.

Dispositivi energeticamente efficienti e relativi materiali

Le attività programmatiche di questo settore consistono sostanzialmente nella messa a punto di dispositivi e tecnologie per l'illuminazione a stato solido a base di materiali organici, nonché di sistemi complessi multi-sensoriali, principalmente per la rivelazione di gas (c.d. "nasi elettronici").

Nel primo ambito sono state conseguite migliorie incrementali nella emissione di luce delle sorgenti OLED (organic light emitting diode), e nella messa a punto di materiali compositi a base di nanoparticelle, sia per la emissione di luce (CdS:PVK) sia per elettrodi trasparenti e conduttori (CNT:PEDOT/PSS) alternativi al sempre più costoso Indium Tin Oxide. I risultati conseguiti negli anni passati hanno consentito di incamerare una commessa di ricerca da Ferrania Technologies S.p.A. per lo studio di film ottici. Inoltre è iniziato ufficialmente, il 1/3/2009, il progetto Industria 2015-

ALADIN, ove ENEA coordina le attività sulle sorgenti di luce OLED da integrare in elettrodomestici ed prodotti per l'interno.

Nell'ambito dei sensori, sono stati messi a punto dei nuovi metodi di controllo della risposta dei sensori, e proseguite le applicazioni nel settore della rivelazione dell'inquinamento ambientale. I nuovi prodotti nel campo dei sensori, riguardano sensori a base di nanofili di palladio, nonché strisce chemi-resistive (PMMA:carbon black) depositate a basso costo con la tecnica ink-jet. Inoltre è stato depositato il progetto Industria 2015 - ORTOFRULOG, ove ENEA propone sistemi di monitoraggio per la freschezza dei prodotti agroalimentari, installati su dispositivi e mezzi di trasporto, al fine di garantire adeguata qualità lungo tutta la filiera distributiva dei prodotti.

Nel corso dell'anno sono stati approvati alcuni finanziamenti europei nel contesto del 7° programma quadro: il Network of Excellence FLEXNET (dispositivi elettronici a base di semiconduttori organici), la Coordination Action EICOON (nanomateriali per l'energia), il Reintegration Grant - Marie Curie CANNELA (applicazioni dei nanotubi di carbonio).

TECNOLOGIE PER I BENI CULTURALI

Le attività svolte dall'ENEA nell'ambito delle Tecnologie applicate al Patrimonio Culturale hanno avuto come obiettivo nell'anno 2009 quello di estendere le sinergie tra le strutture pubbliche, gli Enti di Ricerca e i privati, che si sono concretizzate in una serie di interventi dimostrativi su beni culturali.

I principali risultati conseguiti sono stati:

- Accordo esecutivo tra la Direzione Regionale per i Beni Culturali e Paesaggistici della Calabria ed ENEA, avente per oggetto la collaborazione tecnico - scientifica per la realizzazione del sistema informativo "Centri storici e Ambiti di Contesto" firmato l'11/06/09 - La Direzione Regionale per i Beni Culturali e Paesaggistici della Calabria, soggetto attuatore del Progetto "Centri Storici e Ambiti di Contesto", si è avvalsa nella realizzazione di tale Progetto della consulenza tecnico-scientifica dell'ENEA. L'attività si inserisce nell'ambito delle Convenzioni e Protocolli d'Intesa che ENEA da anni svolge per il MiBAC e per le Regioni (Sicilia, Calabria...), effettuando interventi di progettazione e consulenze tecniche per la realizzazione di Sistemi Informativi e per l'organizzazione dell'attività di formazione del personale addetto alla catalogazione.
- Regione Lazio - Poli Formativi. Grazie ai positivi risultati conseguiti da ENEA nei primi due anni di attività del Polo Formativo Integrato per i Beni e le Attività Culturali - uno dei tredici Poli formativi promossi dalla Regione Lazio - a ENEA è stato riconosciuto un ruolo di rilievo nell'ambito delle attività di Coordinamento dei Poli. Nel 2009 è stato possibile quindi pianificare un'azione di sistema finalizzata alla progettazione e allo sviluppo di una serie di interventi di trasferimento e diffusione delle tecnologie e metodologie ENEA che sostengono, da una parte, l'interazione e il dialogo tra scuola, ricerca e imprese e, dall'altra, l'innovazione e la competitività delle PMI. Grazie al conseguimento di questo positivo risultato la Regione Lazio finanzia le attività di trasferimento tecnologico anche nel 2010.
- Progetto Europeo ERANET NET-HERITAGE. La partecipazione all'European network on Research Programme applied to the Protection of Tangible Cultural Heritage ha consentito nel 2009 all'ENEA di contribuire attivamente alla definizione coordinata dei piani di ricerca nazionali ed europei delle attività di ricerca e sviluppo applicate al settore del patrimonio culturale tangibile. La rappresentanza ENEA è stata, infatti, richiesta sia a livello di Gruppo di Lavoro Nazionale, sia di Tavolo di Consulta Nazionale ed ha partecipato alla definizione delle JPI (Joint Programming Initiatives) nel settore del patrimonio culturale.
- Protocollo d'Intesa ENEA - FORMEDIL. FORMEDIL è un Ente nazionale paritetico per la formazione professionale in edilizia che dispone di 98 sedi operative presenti su tutto il territorio nazionale. Il Protocollo ha una durata triennale e promuove la collaborazione e cooperazione nel

settore della formazione e dell'informazione, anche tramite il diretto coinvolgimento delle rispettive strutture territoriali di riferimento. Nel 2009 sono state svolte una serie di attività di pianificazione congiunta di corsi per la formazione di figure professionali specializzate nelle tecniche e nell'impiantistica per l'efficienza e il risparmio energetico, da applicare anche a monumenti e siti con valore artistico e culturale.

- Progetto "Panta Rei" (POR Lazio 2007-2013). ENEA ha attivato un partenariato per partecipare alla selezione di progetti per la valorizzazione di grandi attrattori culturali presenti nella Regione Lazio. Il progetto, in attesa di finanziamento dalla Regione, ha come obiettivo la valorizzazione della tradizione artistica presente nella Valle dell'Aniene, mediante il Recupero di beni storici e la riqualificazione delle risorse idriche e ambientali. Tra le attività previste figurano: la realizzazione di un Centro Europeo per giovani artisti, con sede in un edificio storico da recuperare a nuovo uso, e un sistema per garantire l'accessibilità e la fruizione da parte di diverse categorie di visitatori della Valle, che viene sostenuta dall'utilizzo del sistema RFID e dalla catalogazione svolta con strumenti multimediali, in modo da rendere pianificabile l'itinerario di visita a distanza mediante un portale Internet tematico.
- E' stato rinnovato l'accordo di collaborazione con il Centro di Documentazione sul Mosaico di Ravenna (CIDM) finalizzato allo studio e alla realizzazione di sistemi per la catalogazione e la fruizione informatizzata delle opere d'arte. Le attività, svolte nell'ambito del Progetto Europeo Interreg III A S.U.A., hanno avuto come obiettivo l'implementazione di un sistema di catalogazione basato su tecnologie web e realizzato con software opensource: Java, Struts, Tomcat, MySQL. Il sistema è operativo e consultabile in rete all'indirizzo <http://www.mosaicocidm.it/>. Il progetto è stato uno dei tre progetti finalisti per il premio "European Regional Champion Awards".
- Finanziamento di un progetto europeo nel campo "Technologies for protecting cultural heritage assets from risks and damages resulting from earthquakes" del VII programma quadro: PERRPETUATE "*PERformance-based aPproach to Earthquake proTection of cUltural heriTage in European and mediterranean countries*" con la partecipazione di 11 partner europei e dell'area mediterranea. Obiettivi del progetto sono a) la messa a punto delle linee guida europee per la riduzione del rischio sismico per il patrimonio culturale mediante applicazione di tecnologie consolidate, verificate anche sperimentalmente sui macro elementi strutturali degli edifici di pregio storico monumentale, b) l'uso ottimale delle tecnologie sperimentali e di indagine per l'identificazione dei danni al patrimonio artistico dovuti all'interazione tra la struttura dell'edificio, gli elementi non strutturali di pregio e gli oggetti d'arte contenuti all'interno.

Interventi e applicazioni di tecnologie ENEA:

- Monitoraggio ambientale nella zona della città Inca di Machu Picchu. Le tecnologie Radar e i Sistemi di monitoraggio dell'assetto statico strutturale sviluppati in ENEA sono stati applicati all'area di Machu Picchu, soggetta a dissesto idrogeologico. L'applicazione ha previsto l'utilizzo di tecniche satellitari che ne azzerano l'impatto ambientale. Le tecniche di elaborazione di immagini Radar hanno permesso di effettuare il monitoraggio architettonico e ambientale del sito.
- Analisi Genetica di Personaggi Storici e Ricostruzione Filogenetica di Popolazioni. Nei laboratori ENEA sono state sviluppate metodologie per la purificazione di DNA da matrici difficili provenienti da scavi archeologici e sono stati generati dati sulle variazioni SNP distribuite lungo l'intera sequenza nucleotidica del DNA mitocondriale nella popolazione Italiana. L'obiettivo del progetto è l'identificazione genetica dei resti scheletrici di figure storiche della storia d'Italia (la famiglia Medici di Firenze) e la ricostruzione filogenetica di popolazioni antiche (cfr Etruschi).
- Intervento del Laboratorio Prove Sismiche sul Duomo di Orvieto. L'intervento ha permesso la ricollocazione della riproduzione in scala del gruppo scultoreo "La Maestà" (raffigurante la Madonna con il Bambino e gli angeli) sulla facciata principale del Duomo, al di sopra della

lunetta del portale maggiore. L'ENEA ha curato tutti gli aspetti del progetto architettonico e strutturale in tutte le fasi della progettazione, dell'esecuzione e dell'installazione del gruppo di statue nella sua posizione originaria.

- Progetto *ROME REBORN*: ricostruzione 3D di Roma Antica e fruizione su Web. L'Enea ha applicato sue competenze e tecnologie nel *Parallel Remote Rendering* per l'implementazione di un sistema che permette la fruizione on-line del modello 3D della città di Roma, realizzato nell'ambito del progetto internazionale Rome Reborn, nell'ambito dell'accordo di collaborazione tra ENEA e l'*Institute for the Advanced Technology in the Humanities* dell'Università della Virginia (USA). Il progetto ha previsto: lo Sviluppo di un'architettura di calcolo parallelo per il *remote rendering*; l'utilizzo di risorse di calcolo del centro HPC CRESO (Centro Ricerche di Portici); l'utilizzo delle risorse GRID ENEA per l'accesso e la fruizione online e *real time* del modello 3D.
- Integrazione delle diverse tecnologie ENEA per la scansione laser e la modellazione 3D. È stata elaborata una metodologia che permette l'integrazione di dati derivanti da metodi di rilievo differenti, nel campo della modellazione tridimensionale rivolta alla conservazione e alla documentazione di beni culturali. I diversi sistemi di scansione laser tridimensionale messi appunto nei laboratori ENEA consentono di soddisfare tutte le esigenze di diagnostica e monitoraggio di beni artistici e culturali.
- Rilievo della Basilica di S. Paolo Maggiore in Bologna effettuato mediante l'utilizzo del Laser Scanner 3D. La scansione ha permesso sia l'elaborazione dei rilievi architettonici e topografici, sia di effettuare le analisi strutturali della Basilica. Questa applicazione fornisce informazioni relative alle tecniche di costruzione ed alle caratteristiche geometriche dell'edificio indagato, acquisendo una mole ingente di dati in tempi estremamente contenuti.
- Applicazione del Laser scanner 3D in siti archeologici. Il modello tridimensionale, ottenuto dalla scansione laser, fornisce una serie di dati registrabili e archiviabili in un DB, utili per monitorare lo stato di conservazione dei siti in modalità non invasiva. L'applicazione permette di estrapolare informazioni morfologiche, geometriche e sui materiali di costruzione, come anche sui fenomeni di degrado dovuti agli agenti atmosferici o causati dai visitatori, con una risoluzione particolarmente elevata.
- Progetto internazionale per la valutazione degli effetti dovuti all'inquinamento dell'aria sui monumenti storici nelle grandi città. L'obiettivo principale del progetto internazionale CULT-STRAT è di identificare gli indicatori materiali e i livelli di soglia degli inquinanti, per usarli sia nello sviluppo di strategie finalizzate a prevenire in modo sostenibile i danni e a conservare il patrimonio culturale europeo, sia nella valutazione della qualità dell'aria nelle zone urbanizzate. I modelli matematici sviluppati hanno permesso di redigere una classificazione degli effetti prodotti da diversi inquinanti che corrodono e sporcano i materiali usati nella costruzione dei monumenti storici.
- Nell'ambito delle attività riguardanti l'uso delle radiazioni per la salvaguardia del Patrimonio artistico, vista la scarsa informazione sui danni provocati dagli insetti sul materiale fotografico, in collaborazione con l'Istituto centrale per il restauro e la conservazione del patrimonio archivistico e librario (ICPAL del MiBAC), sono continuati gli studi sul deterioramento provocato dall'insetto Blattoideo (*Blaptica dubia*) riguardanti altre tipologie di materiale fotografico antico originario, e confermando in generale, la pericolosità degli insetti Blattodei per le diverse tipologie di materiale studiato. Allo scopo di integrare le ricerche precedentemente condotte tese a studiare l'impatto dei raggi gamma su varie tipologie di materiale cartaceo, sono stati condotti test preliminari di irraggiamento su altre tipologie di materiali fotografici, atti a verificarne la stabilità cromatica.
- applicazione del brevetto ENEA "Radar topologico policromatico a immagine per scansioni 3D ad alta risoluzione": rilevamento tridimensionale e cromatico ad altissima risoluzione dell'affresco rappresentante il giudizio universale dei fratelli Torresani (di scuola raffaellasca)