

A.2 DIPARTIMENTO AMBIENTE, CAMBIAMENTI GLOBALI E SVILUPPO SOSTENIBILE (ACS)

LA SOSTENIBILITA' DELL'IMPATTO DELLE ATTIVITA' ANTROPICHE IN AMBITO LOCALE ED URBANO

Gestione sostenibile dei rifiuti

Obiettivo principale di questa attività è lo sviluppo di tecnologie di trattamento, l'esecuzione di studi di sistema e lo sviluppo di strumenti di supporto tecnico alla *governance*. In particolare si è operato nei settori della prevenzione e gestione sostenibile dei rifiuti, delle tecnologie di recupero di materia e di riciclaggio, dei trattamenti termici per il recupero di materia ed energia da rifiuti (waste to energy), degli strumenti di supporto tecnico alla *governance*.

Sono stati conclusi i lavori relativi al progetto VALORE, mentre sono proseguite le attività per lo sviluppo di tecnologie impiantistiche, per la valorizzazione di rifiuti industriali ed RSU, nella produzione di carboni attivi e gas di sintesi mediante pirolisi e steam reforming ed il progetto PON ECOPIOMBO.

L'ENEA ha inoltre fornito supporto tecnico-scientifico al Commissario di Governo per l'emergenza Campania.

L'insieme di queste attività ed il loro sviluppo futuro, in una visione integrata di sistema, hanno condotto alla definizione di un Progetto sulla gestione sostenibile dei rifiuti, alla definizione del quale è seguita un'attività di start-up.

Bonifica e risanamento di siti

L'ENEA, in linea con il consueto ruolo di partecipazione e collaborazione con la Commissione VIA del MATTM, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, ed al Comitato di Coordinamento della Commissione stessa, ha fornito un supporto tecnico-scientifico per l'espletamento dell'iter procedurale relativo al rilascio del parere di compatibilità ambientale di impianti di produzione energetica ed opere.

Ciclo Integrato dei Prodotti

L'LCA *Life Cycle Assessment* rientra tra gli strumenti di analisi quantitativa e qualitativa degli impatti ambientali, economici e sociali associati alle scelte collettive ed individuali nell'attuazione di politiche di sostenibilità. Caratteristica principale è quella di fornire valutazioni quantitative degli impatti ambientali ed energetici prodotti dal bene o sistema preso in considerazione in tutte le diverse fasi.

L'ENEA è stato in particolare impegnato in progetti comunitari nello sviluppo di attività nel settore del mobile - con industrie primarie per la realizzazione di uno standard innovativo in materia ambientale, per la messa a punto di studi di settore e lo sviluppo di software applicativi semplificati per l'LCA - e nel settore della floricoltura.

Uso sostenibile del territorio ed energia

La realizzazione di strutture ed infrastrutture energetiche presenta un impatto ambientale sul territorio che si deve valutare, sia ai fini di una sua minimizzazione, che per la ricerca del consenso sociale a livello locale. In quest'ottica l'ENEA ha messo a sistema quelle competenze ed attività già operanti al suo interno sullo sviluppo di metodologie di programmazione, pianificazione e di valutazione dell'interazione con l'ambiente delle opere ed infrastrutture energetiche, con particolare riferimento a tecnologie e sistemi per l'osservazione satellitare e aerofotogrammetrica del territorio, allo sviluppo di *Geographic Information Systems* e di modelli matematici e di Sistemi di Supporto alle Decisioni; Sono stati sviluppati anche strumenti di supporto alla *governance*. Anche in questo caso, l'insieme di queste attività ed il loro sviluppo futuro hanno consentito la definizione di un Progetto ad-hoc al quale è seguita un'attività di start-up.

Qualità dell'aria

La linea di attività è dedicata essenzialmente allo sviluppo di strumenti tecnico-scientifici per la predisposizione di strategie a supporto delle politiche di riduzione dell'inquinamento atmosferico, per il miglioramento della qualità dell'aria, la tutela della salute e per uno sviluppo sostenibile con risultati attesi nel breve e medio periodo.

In particolare le attività mirano allo sviluppo di modelli, metodologie analitiche e strumenti tecnologici per la valutazione delle concentrazioni degli inquinanti in aria e al suolo e lo studio delle dinamiche di trasformazione e trasferimento degli inquinanti stessi, di contenimento delle emissioni e di valutazione degli impatti sanitari sulle popolazioni residenti in ambienti a rischio. In tale ambito, sono infine proseguite le attività di supporto al MATTM (per i lavori connessi ai tavoli negoziali internazionali, ai gruppi di lavoro UE e ONU-ECE, al Tavolo Tecnico delle Regioni presso lo stesso ministero, alla Commissione Nazionale Emergenza Inquinamento Atmosferico), alle Amministrazioni Locali e al "Programme for monitoring and evaluation of the long-range transmission of air pollutants in Europe" che è parte della Convention for Long-Range trans-boundary pollution – EMEP.

In particolare il rapporto con il MATTM e quello con alcuni dei citati GdL viene visto anche come "strumento" per incidere in fase di definizione di direttive e normative europee ed internazionali, introducendo istanze e norme che tengano conto della realtà meteorologica e socio-economica dell'Italia e dei Paesi del bacino del Mediterraneo.

Fenomenologia delle aree costiere

La salvaguardia della linea di costa e la definizione di scenari evolutivi può influenzare direttamente la scelta di insediamenti produttivi, oppure favorire la promozione di programmi di recupero e salvaguardia per insediamenti già esistenti.

Sono state continuate le attività sperimentali finalizzate allo studio di interventi di protezione costiera e dell'interazione tra il moto ondoso e le opere antropiche con l'utilizzo delle strutture (vasca e canale) in dotazione ed uso nel C. R. di Portici. Sono stati allo scopo ulteriormente implementati ed utilizzati i modelli matematici e i sistemi esperti, già sviluppati negli anni precedenti nell'ambito del progetto MIUR Modellistica Costiera, che consentono la definizione di scenari ed interventi per la mitigazione della vulnerabilità. In particolare è stato svolto, in collaborazione, tra gli altri, con l'Amministrazione Provinciale di Napoli e l'Università degli studi di Napoli, Federico II, un progetto di studi applicati all'erosione costiera nel Golfo di Castellammare di Stabia per la definizione degli scenari evolutivi della linea di costa e la sua riqualificazione per mezzo d'interventi mirati. In tale ambito è stato realizzato il Sistema Informativo SiGEAC, contenente le informazioni meteo-marine relative a tutto il territorio nazionale.

Ulteriore attività è stata quella in supporto alla Pubblica Amministrazione nella definizione delle politiche nazionali, derivanti dalla partecipazione del Dipartimento alla Rete Nazionale delle Coste.

Strumenti per lo sviluppo sostenibile

Le attività del Dipartimento hanno riguardato principalmente l'applicazione ad alcuni Centri ENEA della certificazione ISO14001 e l'ulteriore definizione di dettaglio del Progetto di certificazione EMAS dei Centri ENEA (progetto ECAS).

Tecnologie diagnostiche innovative e qualità delle misure in campo ambientale

Si tratta di un'attività tradizionalmente trasversale e propedeutica agli interventi di protezione territoriale/ambientale, che ha tra i suoi obiettivi lo sviluppo e la validazione di procedure, metodi, sistemi diagnostici e modelli per lo studio e la caratterizzazione del territorio e dell'ambiente, che garantendo l'applicazione della normativa, rispettino anche l'esigenza di ottenere le necessarie informazioni in tempi e costi economici e sociali accettabili.

Le attività di ricerca hanno riguardato lo sviluppo di biosensori per la diagnostica ambientale, alimentare e clinica con alcune attività fortemente finalizzate alla realizzazione di strumenti di misura e controllo per le filiere del settore agro-alimentare, il biorisanamento mediante l'utilizzo del sistema innovativo BIOLOG, che permette di condurre analisi metaboliche su una grande varietà di substrati in tempi brevi, e i consorzi microbici di interesse applicativo nel campo del sequestro e immobilizzazione dei metalli da reflui, suoli e sedimenti, con l'obiettivo di verificarne la fattibilità su scala intermedia;

E' continuata la partecipazione di ENEA all'European Virtual Institute for Reference Material e all'European Virtual Institute for Speciation Analysis.

Il Dipartimento è infine impegnato nell'attività di supporto al MATTM per l'implementazione della Direttiva Quadro Europea sulle Acque (WFD), attraverso lo sviluppo di strumenti per il controllo di qualità.

I CAMBIAMENTI CLIMATICI, IL PROTOCOLLO DI KYOTO E IL POST KYOTO

Cambiamenti Climatici e Protocollo di Kyoto

La tematica dei cambiamenti climatici trova il suo riferimento negli impegni previsti dal protocollo di Kyoto e dalla Conferenza di Montreal del dicembre 2005. La stessa tematica ribadita dal VII Programma Quadro della UE (2007 – 2013) ripropone la tematica ambientale, inclusi i cambiamenti climatici, e la tematica dell'energia. In relazione agli impegni nazionali, e alle relative istanze della Pubblica Amministrazione centrale, derivanti dagli impegni relativi all'applicazione del protocollo di Kyoto, l'ENEA ha ritenuto di dover rispondere su due assi principali d'intervento:

- uno di breve-medio periodo legato al principale strumento, oggi in atto, per raggiungere l'obiettivo della Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici, che è rappresentato dal Protocollo di Kyoto e alle decisioni prese alla Conferenza di Montreal del dicembre 2005 (definizione di obiettivi per il secondo periodo di impegni post-Kyoto);
- l'altro di medio-lungo periodo, relativo all'obiettivo finale della Convenzione sui Cambiamenti Climatici (stabilizzazione delle concentrazioni dei gas serra).

Alcune azioni sono state avviate e comprendono il supporto tecnico scientifico al MSE Ministero dello Sviluppo Economico sulle misure e programmi di riduzione di gas serra e l'analisi, monitoraggio e promozione di programmi energetico ambientali di mitigazione dell'effetto serra

Nell'ambito del progetto della UE LIFE Roma per Kyoto, l'ENEA ha continuato a fornire il supporto tecnico scientifico alla definizione dei principi alla base dell'elaborazione di un piano d'azione per la riduzione delle emissioni di "Gas Serra" del Comune di Roma per contribuire al raggiungimento degli obiettivi del Protocollo di Kyoto.

L'insieme delle attività già in essere ed i loro sviluppi futuri hanno condotto alla definizione di un Progetto per lo sviluppo di modelli e scenari per la valutazione degli impatti dei cambiamenti climatici, in un'ottica d'analisi di lungo periodo (oltre il 2020), delle misure di mitigazione e adattamento e delle opzioni tecnologiche come contributo alle iniziative a livello europeo e alla Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici delle Nazioni Unite (UNFCCC).

Osservazione dei fenomeni di cambiamenti climatici, definizione di scenari possibili

Una politica di sviluppo sostenibile che miri a studiare la vulnerabilità del territorio nazionale e dei suoi insediamenti antropici per poterli efficacemente preservare, comporta lo studio dei meccanismi che governano i cambiamenti a scala locale e globale a breve e lungo periodo. Inoltre, a causa dell'alta variabilità naturale e dei cambiamenti indotti dalle attività umane, lo sviluppo sostenibile della regione del Mediterraneo richiede un monitoraggio continuo, l'analisi e la previsione dei cambiamenti ambientali marini. L'ENEA con quest'attività fornisce il suo contributo al soddisfacimento di tali necessità in sinergia con la comunità scientifica Nazionale ed Internazionale del settore e coerentemente con l'avviato sviluppo del CEMCC Centro Euro-Mediterraneo per i Cambiamenti Climatici. Le attività di ricerca sono così articolate:

Analisi e ricerche sperimentali sulla variabilità climatica

Le attività sperimentali riguardano analisi di dettaglio e studi volti a comprendere l'andamento e la variabilità del clima e del livello marino presente e passato (paleoclima) in area mediterranea ed in Antartide.

In particolare, con l'obiettivo generale di distinguere la parte fisica e fisico-chimica degli andamenti naturali del sistema ambientale globale e mediterraneo dalle perturbazioni aggiuntive o sinergiche indotte dalle attività umane. La componente osservativa-sperimentale è necessaria per l'inizializzazione e validazione dei modelli climatici a scala globale e regionale.

Le attività sperimentali e d'analisi hanno riguardato essenzialmente:

- La caratterizzazione paleoclimatica e del clima storico nell'area del Mediterraneo meridionale, con lo studio delle variazioni ambientali svolte tramite osservazioni di numerosi parametri atmosferici (gas ad effetto serra, aerosol, ozono, nubi e vapor d'acqua, ecc.) e le osservazioni continuative nella stazione meteo-climatica remota nell'Isola di Lampedusa, da alcuni anni condotta dall'ENEA;
- La caratterizzazione della variabilità climatica in Antartide e le correlazioni inter-emisferiche (EPICA e TALDICE) mediante lo studio di carote di ghiaccio perforate nella calotta antartica orientale in prossimità della Stazione italo-francese di Concordia a Dome C.

I dati di concentrazione di gas ad effetto serra sono stati sottomessi a varie banche dati internazionali, anche come contributo Italiano alla rete Global Atmosphere Watch, dell'Organizzazione Meteorologica Mondiale, mentre i dati dell'Antartide sono stati archiviati e utilizzati presso l'ufficio meteorologico della stazione Mario Zucchelli a Baia Terra Nova e sul sito dell'Osservatorio Meteo-Climatico. Nel corso del 2006 si sono concluse le attività relative ai progetti di ricerca e formazione SNUMMAS e quasi concluse le attività del progetto AEROCLOUDS, finanziati dal MIUR.

Clima ed ecosistemi marini

L'ENEA è impegnato storicamente in studi e valutazioni su clima e sull'ambiente marino mediterraneo mediante attività sperimentali volte alla definizione dei meccanismi che controllano il funzionamento degli ecosistemi marini, la loro variabilità e la risposta ai cambiamenti naturali o indotti da attività antropiche. In particolare il Mar Mediterraneo è un ambiente unico non solo per le sue caratteristiche climatiche, ma anche per la peculiare biodiversità degli ecosistemi. Le attività sono finalizzate all'individuazione e allo sviluppo di metodi per assicurare un uso sostenibile delle risorse marine e un'efficace gestione dell'ambiente marino. Vengono analizzati dati storici ed acquisite serie temporali di dati, prevalentemente mediterranei, per studiare i meccanismi che controllano la variabilità naturale della circolazione del Mediterraneo, la relazione tra questa ed i cicli biogeochimici, il ruolo di particolari ecosistemi costieri nel sequestro/rilascio del carbonio, la risposta degli ecosistemi ai cambiamenti naturali, i cambiamenti negli ecosistemi attraverso il monitoraggio a lungo termine di selezionati indicatori. Le attività hanno anche una forte componente sperimentale in mare.

Le attività possono essere ricondotte alle seguenti linee principali: la comprensione dei processi fisico-chimico-biologici dell'ecosistema marino e loro interrelazioni e lo sviluppo di sistemi operativi per la previsione dell'ecosistema marino a breve e medio termine. In particolare sono state studiate le relazioni tra idrodinamica, ciclo dei nutrienti e componente biologica nel Mediterraneo con riferimento ai cambiamenti nella circolazione del bacino orientale, alla loro propagazione nel bacino occidentale e all'influenza sui cicli biologici. Si è infine concluso il terzo anno d'acquisizione di dati meteorologici, idrologici e correntometrici in continuo da postazione fissa nel Mar Ligure centrale, per lo studio delle interazioni aria-mare ed è stata condotta una campagna oceanografica nell'area circostante. Per quanto riguarda lo studio del ciclo del carbonio in ambiente marino al fine di individuare indicatori biologici della variabilità termica del mare, sono continuati gli studi e l'elaborazione dei dati relativi alle misure morfometriche degli organismi, ai dati di temperatura dell'acqua e alle analisi mineralogiche sui sedimenti. Nell'ambito degli studi sui fattori che possono determinare cambiamenti nella diversità delle comunità di pregio, è stato concluso il terzo anno di rilevamenti nell'area del Golfo della Spezia per l'analisi di dettaglio della capacità di recupero e di ripristino delle comunità bentoniche di pregio impattate da eventi di mortalità.

Per quanto riguarda l'analisi delle interazioni costa mare e la valutazione risposta dei sistemi costieri ai cambiamenti naturali o di origine antropica è stata condotta la seconda campagna di rilievi nell'ambito del progetto MEDOCC INTERREG Posidonia che, attraverso la partecipazione di partners italiani, francesi, spagnoli e tunisini si propone di discutere, sperimentare e mettere a punto le procedure di monitoraggio e di sorveglianza dell'ecosistema Posidonia. Obiettivo generale del progetto è, infatti, armonizzare tali metodiche e redarre un manuale contenente linee guida utilizzabili anche dagli altri paesi del Mediterraneo.

Modellistica del clima

Le attività hanno come finalità di base la simulazione della variabilità interna del sistema climatico e delle fluttuazioni indotte da forzanti esterne, inclusi gli apporti delle attività umane.

Queste attività permettono di valutare l'evoluzione futura del clima, con particolare riferimento all'area mediterranea. Principali attività sono state lo sviluppo della modellistica oceanografica e l'analisi dei dati con ricerche d'interazione aria-mare attraverso l'uso e l'analisi dei dati satellitari e la modellistica sui campi del vento nell'area mediterranea e lo studio dell'assorbimento della CO₂ nell'Oceano Atlantico Meridionale. Sono stati sviluppati modelli numerici oceanografici per lo studio della circolazione globale dell'oceano e della circolazione del Mar Mediterraneo. Si sono conclusi il progetto della CE AMMA ed il progetto finanziato dall'APAT.

Energia sostenibile e territorio

Fonti rinnovabili di energia

Le attività di ricerca avviate dall'ENEA nel corso dell'anno riguardano la collaborazione con gli Enti Locali per una programmazione energetica più sostenibile basata sulla diversificazione delle fonti di energia, in particolare le rinnovabili, e sulla valorizzazione delle risorse locali, il supporto tecnico a soggetti pubblici e privati per la definizione delle specifiche tecniche, progettazione, realizzazione, verifica e valutazione delle prestazioni d'impianti a fonti rinnovabili utilizzando la pluriennale esperienza maturata nel settore, la collaborazione con PMI per la produzione di componenti fotovoltaici che offrano un'opportunità di sviluppo tecnologico a livello territoriale.

Metodi e strumenti innovativi a supporto della governance dell'efficienza energetica

L'ENEA ha avviato le attività relative alla Convenzione con l'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas per la valutazione e la quantificazione dei nuovi risparmi energetici conseguiti dai progetti realizzati nell'ambito del meccanismo dei certificati bianchi, inclusi i controlli sugli impianti e i sistemi installati, a supporto delle decisioni dell'Autorità.

L'ENEA è inoltre impegnato nella partecipazione alle reti di agenzie/organizzazioni operanti nel settore dell'efficienza energetica, in particolare EnR e MEDENER (Agenzie Energetiche Nazionali dei Paesi mediterranei), e al gruppo di lavoro Energy Efficiency Working Party dell'IEA.

LA GESTIONE DELLE RISORSE NATURALI E L'ADATTAMENTO AI FENOMENI NATURALI

Gestione della risorsa idrica

Attraverso quest'attività l'ENEA intende assicurare una gestione sostenibile delle risorse idriche superficiali e sotterranee mediante lo sviluppo di nuovi approcci al quadro conoscitivo, dell'innovazione tecnologica e di nuovi metodi integrati di management. Oltre alle pressioni antropiche sulla risorsa se ne affiancano di nuove di tipo naturale, come la variazione del regime meteo-climatico ed un fenomeno nuovo legato all'invecchiamento delle reti di adduzione ed eduazione delle acque che determina forti perdite, soprattutto al Sud. Le linee di attività sono così articolate:

Conoscenze sullo stato quali-quantitativo della risorsa idrica

L'ENEA ha implementato ed utilizzato modelli matematici per lo studio della propagazione di inquinanti nelle falde acquifere, e per la previsione delle crisi di eutrofia/anossia.

Sviluppo di Tecnologie Ambientali

Le attività riguardano l'ottimizzazione dei cicli produttivi miranti al risparmio e il riuso della risorsa idrica nei settori civile ed industriale e per la trattabilità degli effluenti dei singoli processi industriali – in particolare nel settore tessile – in linea con i requisiti della direttiva europea IPPC Integrated Pollution Prevention and Control. L'ENEA ha continuato nello sviluppo di sistemi di gestione automatica e remota di impianti di trattamento dei reflui industriali attraverso lo sviluppo e l'impiego di sistemi esperti.

Attività Supporto tecnico-scientifico alla E.U., alla P.A.

E' continuata la consueta partecipazione ai tavoli e ai "focus group" per l'implementazione della Direttiva IPPC e la partecipazione ai Gruppi Tecnici misti del MATTM per la definizione delle linee guida Nazionali nei comparti produttivi maggiormente rappresentativi della realtà industriale italiana.

Valutazione e prevenzione del rischio sismico

Obiettivo delle attività è la valutazione e prevenzione del rischio sismico, l'analisi della pericolosità sismica, il monitoraggio sismico, lo sviluppo ed applicazione di moderne tecnologie antisismiche per strutture ed infrastrutture civili, industriali ed afferenti al patrimonio culturale.

In particolare sono state svolte attività nei seguenti settori:

- Analisi della pericolosità sismica di alcuni siti selezionati del territorio nazionale;
- Valutazione della vulnerabilità degli edifici per civile abitazione già esistenti;
- Valutazione del rischio integrato sui beni culturali e sui centri storici dovuto a catastrofi naturali;
- Sviluppo e/o valutazione dell'affidabilità ed efficacia di nuove tecniche costruttive e di nuovi sistemi antisismici per le diverse tipologie di strutture civili ed industriali;
- Applicazione di moderni sistemi antisismici per la protezione di singole opere d'arte;
- Sviluppo ed applicazione pilota di sistemi innovativi per la protezione delle strutture da vibrazione di origine diversa da sisma.

Salvaguardia dei beni culturali ed artistici

L'ENEA, attraverso alcune delle attività previste nei settori della "Qualità dell'aria", della "Valutazione e prevenzione del rischio sismico" e delle "Tecnologie diagnostiche innovative e Qualità delle misure in campo ambientale", già descritte in precedenza, opera nel settore della salvaguardia dei beni culturali ed artistici per quanto riguarda lo studio degli effetti dell'inquinamento atmosferico sui beni culturali e artistici e l'individuazione di misure necessarie per combattere tali effetti, lo studio degli effetti che gli eventi sismici possono indurre sui beni artistici e culturali, l'individuazione e progettazione di sistemi innovativi antisismici per la protezione di singole opere d'arte.

Desertificazione

L'ENEA ha continuato le sue attività nell'ambito del Programma Nazionale di Lotta alla siccità ed alla desertificazione. Si sono concluse come da previsione le attività del progetto NEU CO2 della CE.

Sistemi e tecnologie per l'osservazione, il monitoraggio e la programmazione territoriale.*Tecnologie spaziali per osservazioni del territorio e relativa vulnerabilità*

La programmazione del territorio, così come lo studio del clima e dei problemi connessi con i cambiamenti ambientali globali, necessitano di un enorme numero d'informazioni specifiche su grandi scale spaziali, che devono poi essere sintetizzate opportunamente e rese fruibili per la comprensione dei fenomeni e dei processi. Questo tipo d'informazioni può essere ottenuto attraverso l'adozione di sistemi d'indagine che utilizzino tecnologie spaziali d'osservazioni della terra da satellite o da piattaforme aeree. L'ENEA svolge attività dedicate allo sviluppo ed integrazione di tecnologie innovative per lo studio e la gestione dell'ambiente e del territorio. Si tratta delle tecnologie dell'Osservazione aerospaziale della Terra e dei Sistemi Informativi Territoriali, nonché quelle della localizzazione (*GPS*), della navigazione (*GNSS*) e delle comunicazioni (audio, video) satellitari.

Tra i principali risultati conseguiti si citano l'utilizzo di metodologie, già sviluppate negli anni precedenti, per il monitoraggio della vegetazione semi-naturale di zone sensibili alla desertificazione, tramite tecniche di telerilevamento satellitare. I risultati sono stati finalizzati alla caratterizzazione degli effetti di degrado e riduzione della vegetazione semi-naturale correlati ai cambiamenti climatici ed alla desertificazione, per le aree localizzate nel Meridione d'Italia. Con l'obiettivo di supportare più efficacemente le attività di monitoraggio della vegetazione è stata condotta la sperimentazione e messa a punto di un sistema di telerilevamento aereo innovativo, basato sul sensore *ASPIS* (Advanced *S*pectroscopic *I*maging *S*ystem), ed integrato con altra strumentazione (camere multispettrali, termiche, pancromatiche, *LIDAR*, *GPS*) e piattaforma ultraleggera *SKY ARROW 650 TC*, in grado di operare con notevoli caratteristiche di efficacia, economicità e flessibilità di utilizzo.

Nel corso del 2006 si sono concluse le attività dei progetti RIADE finanziato dal MIUR e svolto in collaborazione con il Dipartimento *BAS*, mentre sono state svolte secondo previsioni le attività dei progetti TELLUS del Consorzio *TRE*, SIMMI e CRESCO finanziati dal MIUR.

A.3 DIPARTIMENTO TECNOLOGIE PER L'ENERGIA, FONTI RINNOVABILI E RISPARMIO ENERGETICO (TER)

ENERGIA DA FONTI RINNOVABILI

Solare termodinamico

Nel 2006 le attività di R&S del Progetto Solare Termodinamico dell'ENEA hanno riguardato principalmente l'ulteriore sviluppo dei componenti, la loro qualifica sugli impianti sperimentali e l'ottimizzazione del processo di fabbricazione e la progettazione di nuovi impianti per la produzione di energia elettrica e calore. Si è cercato inoltre di far crescere la capacità industriale nazionale, attraverso l'aggregazione di più industrie in consorzi, per la fabbricazione dei principali componenti, al fine di ridurre i costi di produzione e rendere le industrie stesse competitive sul mercato internazionale. In particolare è stata completata la realizzazione prototipale del tubo ricevitore ENEA, la sua caratterizzazione in laboratorio e la messa a punto del processo di fabbricazione su scala pre-industriale. Significativi progressi si sono ottenuti sul rivestimento selettivo del tubo metallico (*coating*) e sulla tecnologia d'applicazione (*sputtering*). Lo sviluppo del concentratore solare è giunto alla fase di progettazione esecutiva della versione industrializzata, anche se non si escludono ulteriori miglioramenti che potranno essere introdotti prima dell'inizio della costruzione dell'impianto dimostrativo di Priolo. Le attività di ricerca sull'utilizzazione della tecnologia solare ad alta temperatura per la produzione di idrogeno hanno portato a significativi progressi nella realizzazione in scala di laboratorio di due sistemi, basati uno sul ciclo zolfo-iodio e l'altro sulle ferriti miste.

Le attività di ricerca su impianti sperimentali hanno riguardato l'esercizio e la gestione dell'impianto PCS e la messa a punto di nuove attrezzature sperimentali per lo svolgimento di prove di corrosione e di prove termofluidodinamiche. Nel 2006 sono stati ideati due tipi di componenti innovativi: i giunti rotanti e il generatore di vapore integrato nel serbatoio di accumulo.

Concentratore solare (collettore)

L'obiettivo delle attività 2006 è stato quello di giungere ad una versione definitiva e industrializzata del collettore solare da impiegare nella centrale dimostrativa di Priolo, attraverso una residua attività di sviluppo, basata sulle esperienze acquisite e i risultati conseguiti con la realizzazione dei primi prototipi utilizzati al C.R. della Casaccia per l'impianto PCS *Prova dei Collettori Solari* e una sezione dimostrativa già installata nel sito dell'impianto di Priolo. Importanti risultati si sono avuti nello sviluppo e messa a punto della strumentazione ottica per le prove di qualificazione del componente.

Ricevitore solare

Le attività di sviluppo del ricevitore solare hanno riguardato l'ottimizzazione delle sue parti (rivestimento selettivo, giunzione vetro-metallo, soffiotti di compensazione), la messa a punto delle lavorazioni (deposizione del rivestimento selettivo, out-gassing, trattamento antiriflesso del vetro), la produzione prototipale di una prima serie di ricevitori e lo svolgimento di prove di qualificazione. Le attività di sviluppo si sono svolte in collaborazione con diversi partners industriali: ANGELANTONI GROUP, STEROGLOSS, ITIV TECHNOLOGY e POLO, che hanno partecipato alla realizzazione della linea pilota di fabbricazione del tubo ricevitore e hanno costituito un Consorzio (ARCHIMEDE SOLAR ENERGY), per la produzione su scala industriale di tubi ricevitori di energia solare.

Progettazione

Le attività di progettazione hanno riguardato la ridefinizione del Progetto Archimede, alcuni approfondimenti specialistici su aspetti termomeccanici, strutturali, di strumentazione e automazione e anche nuove applicazioni della tecnologia solare ENEA. Le attività più significative sono state:

- analisi mediante modelli agli elementi finiti (fem) delle condizioni di carico termico e meccanico per due tipologie di soffiotti di compensazione delle dilatazioni differenziali tra il tubo in acciaio e quello in vetro del ricevitore: il soffiotto lamellare (EVATEC) e quello ad onde asimmetriche (ASTROFLEX), al fine di individuare la tipologia più idonea per gli impianti solari di scala industriale;

- studio degli aspetti tecnici ed economici connessi ad un concetto innovativo di accumulo termico a tanca conica, con analisi igro-termo-meccanica di serbatoi troncoconici (in collaborazione con l'Università di Padova) e valutazioni preliminari sull'utilizzazione in impianti solari a sali fusi di tale tecnologia;
- validazione sperimentale del modello dinamico dell'impianto sperimentale PCS mediante la simulazione numerica di un numero elevato di transistori relativi ai tubi ricevitori commerciali (SCHOTT) sperimentati nel corso dell'anno e ai tubi ricevitori ENEA di prima serie (tipo CROMO NERO).

Produzione di idrogeno mediante processi termochimici

L'attività svolta nel 2006 in questo campo si è incentrata principalmente sullo sviluppo del ciclo termochimico denominato "zolfo-iodio", su un secondo ciclo termochimico basato sugli ossidi metallici e sullo sviluppo dei reattori solari. Il ciclo termochimico "zolfo-iodio" consente di produrre idrogeno dall'acqua. Al termine del ciclo, le sostanze chimiche reagenti vengono riutilizzate completamente per produrre altro idrogeno, per cui l'unica sostanza che si consuma è l'acqua, mentre l'energia termica necessaria proviene dal sole. Il ciclo termochimico basato sugli ossidi metallici sfrutta la proprietà di particolari sostanze (le ferriti miste) di liberare idrogeno in presenza di acqua a temperature di $600\div700^{\circ}\text{C}$, e di ritornare allo stato iniziale liberando ossigeno se trattate poi a temperature di $800\div900^{\circ}\text{C}$. L'attività ha riguardato principalmente le tecniche di produzione delle ferriti miste, sviluppate dall'ENEA, e la verifica sperimentale della loro capacità di eseguire un numero elevato di cicli senza subire danneggiamenti.

Componenti e sistemi fotovoltaici

I risultati più importanti in questo settore riguardano il progetto PHOCUS sul fotovoltaico a concentrazione e le attività di sviluppo di nuove celle fotovoltaiche ad alta efficienza presso i laboratori di Portici e della Casaccia. In particolare, nell'ambito del progetto è stato migliorato il processo di fabbricazione delle celle a concentrazione e messa a punto la tecnica di assemblaggio, è stato sviluppato e brevettato un simulatore per la caratterizzazione di celle a concentrazione, è stata avviata la produzione di moduli fotovoltaici a concentrazione di seconda generazione. Inoltre è stata installata e messa in funzione al C. R. di Portici la prima unità standard da 5 kW.

Celle a concentrazione

Il processo sviluppato dall'ENEA per celle a concentrazione in c-Si ad alta efficienza è stato migliorato soprattutto in termini di ripetibilità dei risultati. Le prestazioni della cella in condizioni operative sono fortemente dipendenti da una efficace tecnica d'assemblaggio, tesa da una parte ad evitare un eccessivo surriscaldamento della cella e dall'altra a garantire un buon isolamento elettrico.

Sono stati provati due diversi tipi di substrati. Il primo presenta uno strato intermedio in nitruro di alluminio (AlN) di spessore 0,7 mm con conducibilità termica $180\text{ W/m}^{\circ}\text{K}$, con uno strato superiore in Pt/Ag serigrafato di spessore 15 micron con due contatti elettrici, e uno strato inferiore continuo in Pt/Ag di spessore 15 micron. La seconda struttura, invece, è di tipo IMS *Insulated Metal Substrate* con uno strato centrale di dielettrico di spessore 100 micron e conducibilità termica $7\text{ W/m}^{\circ}\text{K}$, uno strato superiore con due contatti in rame di spessore 105 micron e una base in alluminio di spessore 3mm.

Sistema di caratterizzazione delle celle a concentrazione

E' stato realizzato e brevettato un sistema che permette la caratterizzazione dei dispositivi fotovoltaici sotto concentrazione. Il sistema sviluppato, può essere definito "ibrido" poiché, partendo da una comune sorgente continua allo xenon d'adeguata potenza, e quindi con uno spettro stabile e verificabile, realizza un impulso luminoso di durata opportuna, mediante l'intercettamento controllato da parte di uno schermo elettromeccanico azionabile da remoto. Il piano di test è adeguatamente termostato in modo da consentire di limitare al minimo l'escursione della temperatura del dispositivo fotovoltaico durante la misura.

Moduli di seconda generazione

E' stata avviata la produzione di moduli a concentrazione di seconda generazione da impiegare nel progetto PHOCUS.

Le innovazioni apportate riguardano soprattutto l'ottimizzazione dell'housing realizzato per stampaggio in plastica, l'introduzione di un'ottica secondaria e il miglioramento dei contatti e dei dispositivi di sicurezza quali i diodi di by-pass. Il primo lotto di fornitura ha mostrato una buona ripetibilità in termini d'efficienza, soprattutto in considerazione del fatto che ancora molte fasi d'assemblaggio sono manuali. L'efficienza media del lotto è risultata intorno al 15% con un valore massimo dell'ordine del 16.2%. Una parte del lotto è stata utilizzata per realizzare l'intero generatore dell'unità standard installata a Portici. Il sistema è dotato di uno standard DAS *Data Acquisition System* in grado di monitorare le principali grandezze: l'irradianza, la temperatura ambiente e quella di cella, i parametri elettrici quali corrente, tensione e potenza sul lato dc e ac. L'analisi dei risultati è fatta secondo la procedura European Standard EN 61724 (International IEC 61724), valida per sistemi basati su moduli piani, opportunamente modificata per tener conto delle specificità dei sistemi a concentrazione.

Brevetto di un lampione fotovoltaico per contesti sensibili denominato Stapelia

Uno dei temi che attualmente è di maggiore interesse nel settore delle applicazioni fotovoltaiche è quello della loro integrazione architettonica in tutti i contesti antropici. In quest'ambito è stato progettato e realizzato il lampione fotovoltaico denominato "Stapelia" la cui forma è ispirata a quella dell'omonimo fiore tropicale. Esso è costituito da un palo di supporto di lunghezza 6 m il quale sorregge un corpo illuminante a forma di calice pentagonale nel cui design sono perfettamente integrati cinque moduli fotovoltaici. Essi costituiscono la parte superiore di tale componente; nella parte centrale dello stesso è stato posizionato un carter a forma piramidale che fa da supporto a led a basso consumo che illuminano l'area circostante del lampione. Tutto il corpo illuminante è orientato verso il Sud e leggermente inclinato per massimizzare la raccolta di energia solare durante l'anno.

Il sistema fotovoltaico del lampione è costituito da 5 moduli del tipo vetro-vetro di potenza di picco 28W che generano una potenza complessiva di 140W; il sistema d'accumulo è costituito da un regolatore di carica e da una batteria da 70Ah; il sistema illuminante è costituito da 15 led di potenza complessiva 63W.

Questo lampione è adatto sia ad applicazioni di tipo grid-connected che stand-alone: in questa versione è possibile pensare a "Stapelia" come un componente da "piantare" in contesti sensibili dove, oltre che l'illuminazione, è richiesto un valore aggiunto dal punto di vista estetico ed architettonico.

La caratteristica principale del design di questo componente è che tutti gli elementi, benché perfettamente rispondenti a precise caratteristiche di tipo tecnico/funzionale, appaiono armonizzati ed integrati nel disegno eliminando le discontinuità tra la funzione tecnica e quell'estetica.

Fotovoltaico a film sottili: realizzazione di celle fotovoltaiche di silicio amorfo su substrato polimerico

E' crescente l'interesse nello sviluppo di celle solari a film sottile di larga area su substrati flessibili come quelli polimerici in quanto loro offrono il vantaggio di poter utilizzare sistemi di deposizione roll-to-roll e consentono l'interconnessione monolitica in serie di celle, entrambi fattori chiave nella riduzione dei costi di produzione. I substrati polimerici permetterebbero di produrre un modulo fotovoltaico leggero, adattabile a superfici curve, esteticamente attraente e, quindi, ideale per l'edilizia. I materiali polimerici utilizzabili come supporti per celle fotovoltaiche devono avere alcuni requisiti fondamentali legati, principalmente, alla compatibilità con i processi di deposizione di film sottili di silicio amorfo (e sue leghe) e microcristallino.

In questo caso è stato scelto il PET Polietilentereftalato che, insieme al basso costo, presenta una serie di proprietà come l'elevata trasmittanza, la buona resistenza alla radiazione ultravioletta, la resistenza alle temperature utilizzate per la deposizione del silicio, un elevato modulo tensile che ne fanno un buon candidato ad essere utilizzato per realizzare dispositivi sia in configurazione pin che nip (ossia con la luce che attraversa o meno il substrato per arrivare al dispositivo).

I migliori risultati sono stati ottenuti con il polimero testurizzato per etching chimico; esso presenta in tutto il range di lunghezza d'onda d'interesse un miglior valore dello scattering confrontabile, se non migliore, con quello misurato su un film di SnO₂ della Asahi ricoperto d'argento e ZnO.

Biomasse*Gassificazione ad alto tenore di idrogeno*

Nel corso del 2006 è stato messo a punto un processo di gassificazione O₂/vapore per la realizzazione di un impianto da 1 MWt ed è stato ridefinito un impianto di gassificazione a vapore a doppio reattore. Entrambi questi impianti si caratterizzano per la possibilità di produrre gas con contenuto di idrogeno anche del 45-50 %.

In particolare nell'ambito del progetto HYDROSYN, finalizzato alla realizzazione di un impianto di gassificazione O₂/vapore per la produzione di un gas ad alto contenuto di idrogeno, sono state svolte diverse attività sia di tipo teorico che sperimentali su piccola scala per la messa a punto del processo. È stato realizzato un modello a freddo del reattore e sono state svolte attività sperimentali riguardanti la fluidodinamica e il processo di gassificazione anche in collaborazione con l'Università dell'Aquila. È stata effettuata la progettazione esecutiva di un impianto prototipo da circa 1 MWth per la gassificazione a letto fluido bollente ad ossigeno-vapore. La costruzione e l'esercizio dell'impianto sono previsti entro la fine del 2007.

Nel corso del 2006 è stato anche rivisto lo schema di funzionamento del gassificatore a doppio reattore da 500 kWt che si prevede di accoppiare con MCFC Molten Carbonate Fuel Cell da 125 kWe (Impianto Joule). In particolare è stato inserito nel reattore un bruciatore di avviamento a GPL, si è semplificato il piping ed è stato incrementato l'isolamento nelle tubazioni. Il tutto per ridurre i tempi d'avviamento dell'impianto e per migliorare il processo. Si è anche rivisto lo schema d'accoppiamento con la MCFC ed è stato completato sia il nuovo lay-out che la progettazione dei gas tecnici. Si prevede di realizzare l'accoppiamento entro la metà del 2008.

Sistemi di purificazione per processi termochimici

Nell'ambito delle attività sul progetto HitWaste, è stato messo a punto un processo per il trattamento delle acque di lavaggio fumi prodotte ad un impianto di smaltimento e valorizzazione energetica di rifiuti speciali. Tale corrente presenta contaminazioni di tipo inorganico sia in soluzione (metalli pesanti) sia dispersa (particolato refrattario).

Date le caratteristiche della contaminazione, per il trattamento della corrente è stato definito un processo a due stadi che operano la rimozione in successione delle due tipologie di contaminazione.

L'impianto pilota è denominato Re.Me.Co ed è stato realizzato presso la Hall Steele presso il C.R. di Trisaia. Durante il 2006, l'attività su questa tematica ha riguardato principalmente la selezione delle resine più adatte alla rimozione dei metalli pesanti in soluzione e l'ottimizzazione delle condizioni d'esercizio alla sezione. La sperimentazione si è articolata in più fasi:

- screening delle resine più promettenti tra quelle commercialmente disponibili;
- efficacia di captazione su colonne scala laboratorio a flusso ridotto;
- efficacia di captazione su colonne impianto Re.Me.Co a flussi crescenti.

La sperimentazione sulla rimozione dei metalli pesanti in soluzione ha evidenziato che l'impiego di resine a scambio ionico, accoppiata a precipitazione con solfuri dei metalli pesanti, costituisce una procedura valida.

EFFICIENZA ENERGETICA

Il drammatico aumento dei costi energetici, il recepimento della direttiva Europea 91/2002, attuato mediante i Dlgs 192/2005 e 311/2006, la constatazione che gli effetti del cambiamento del clima sono ormai innegabili, ha provocato un considerevole aumento d'interesse nei confronti dell'efficienza energetica degli edifici. Il gruppo SIST Supervisione e controllo dei sistemi energetici del Dipartimento ha messo a punto, nel corso del 2006 una procedura per la valutazione degli interventi di riqualificazione energetica del sistema edificio – impianto degli edifici esistenti. Questa procedura ha avuto come primo campo d'applicazione lo studio degli interventi da effettuare su un complesso di case di abitazione di proprietà dell'Azienda Territoriale per la Casa (ex IACP) di Biella. Questa attività è stata svolta nell'ambito dell'accordo fra Federcasa ed ENEA, siglato nel corso del 2006. La procedura si avvale di una piattaforma basata sull'impiego di codici di simulazione dinamica del sistema edificio – impianto, in grado di valutare le prestazioni energetiche dell'edificio prima e dopo gli interventi.

Lo studio ha consentito di valutare i risparmi conseguibili attraverso l'intervento sull'involucro (miglioramento dell'isolamento delle pareti tramite insufflaggio di fiocchi di cellulosa nelle intercapedini e risoluzione dei ponti termici, sostituzione degli infissi e dei vetri con componenti ad alte prestazioni) e sull'impianto (sostituzione delle caldaie e installazione di valvole termostatiche). Sono state inoltre valutate le possibilità d'installazione di un impianto di microgenerazione (microturbine e gas da 30 kWe) e, in alternativa, l'installazione di un impianto di pannelli fotovoltaici da integrare nella copertura degli edifici. Le valutazioni eseguite consentono di affermare che il complesso degli interventi potrebbe essere realizzato con tempi di ritorno nell'ordine dei 6 – 7 anni, con risparmi che sfiorano il 70% dell'energia consumata attualmente. Grazie all'accordo con Federcasa, questo tipo di studio verrà replicato con altre ATC e ATER sul territorio nazionale.

SISTEMI ENERGETICI AVANZATI

Il vettore idrogeno

Le attività svolte nel settore nel corso del 2006 possono essere raggruppate in analisi delle problematiche connesse con l'introduzione dell'idrogeno, in analisi di tecnologie e nello sviluppo di tecnologie. Le analisi delle problematiche connesse con l'introduzione dell'idrogeno sono state condotte nell'ambito di diversi progetti europei. In particolare, nel 2006 è stata avviata la seconda fase del progetto HYWAYS, che ha la finalità di sviluppare e valutare la "roadmap" europea per l'idrogeno. In tale ambito, l'ENEA ha operato come riferimento italiano, integrando e aggiornando il complesso delle informazioni necessarie per caratterizzare il dispiegamento dell'idrogeno in Italia e rivedendo la roadmap definita nella prima fase, con il coinvolgimento di tutte le organizzazioni nazionali potenzialmente interessate nei diversi settori che vanno dalla produzione agli usi finali.

L'ENEA, come responsabile dell'analisi d'impatto ambientale, ha valutato i vantaggi derivanti dall'uso dell'idrogeno nei nuovi Paesi inseriti nella seconda fase del progetto, in termini di riduzione delle emissioni nocive soprattutto nelle aree urbane.

Nel 2006 si è concluso il progetto europeo ENCOURAGED, che prevedeva l'analisi dell'impiego dei corridoi tra l'Unione Europea e i Paesi confinanti per il futuro approvvigionamento di elettricità, gas naturale e idrogeno. L'ENEA, coinvolto negli studi riguardanti l'idrogeno, ha valutato le prospettive di produzione dell'idrogeno nei Paesi del Nord Africa (tipicamente da solare ed eolico) e analizzato le soluzioni più efficaci per il trasporto dello stesso.

Un ultimo progetto europeo, concluso anch'esso nel 2006, è HARMONHY, che aveva lo scopo di analizzare la situazione delle norme, dei regolamenti e della ricerca pre-normativa, al fine di raccomandare alla Commissione Europea le azioni da avviare nel VII Programma Quadro per agevolare l'introduzione delle tecnologie dell'idrogeno. In tale ambito l'ENEA ha condotto un approfondito esame dei programmi e dei progetti pubblici relativi alla ricerca pre-normativa a livello europeo e internazionale ed ha partecipato all'elaborazione delle raccomandazioni per la Commissione Europea.

Per quanto riguarda l'analisi delle tecnologie e la definizione di programmi d'intervento nel settore, l'ENEA ha partecipato attivamente ai lavori della Piattaforma Europea su Idrogeno e Celle a Combustibile, lavori che hanno portato a definire le azioni chiave per i prossimi 10 anni nell'ambito dell'Implementation Plan, che costituisce la base per il VII Programma Quadro.

La partecipazione alle collaborazioni internazionali ha riguardato in maniera prevalente gli Implementing Agreements IEA sull'idrogeno e sulle celle a combustibile e l'International Partnership for Hydrogen Economy. Per quanto riguarda lo sviluppo delle tecnologie, sono proseguite le attività di ricerca su materiali e sistemi per accumulo di idrogeno, condotte negli anni precedenti nell'ambito di un progetto relativo allo sviluppo di sistemi a base di leghe metalliche. In particolare, è iniziato lo studio di materiali a base di alluminio (alanati), all'interno di un progetto FISIR avviato nella seconda metà del 2005, e sono stati realizzati e provati prototipi da laboratorio basati sull'impiego del sodio boro idruro, materiale molto interessante per la sua densità di energia.

E' stato inoltre definita una collaborazione con la Marina Militare per lo studio di sistemi d'accumulo di nuova concezione per sommergibili con celle a combustibile. Il progetto, della durata di due anni, prevede l'esecuzione, da un punto di vista teorico e sperimentale, dello studio di materiali e metodi d'accumulo per l'idrogeno e l'ossigeno (in idruri o composti chimici), con la realizzazione di dimostratori in scala di laboratorio che consentano di verificare la funzionalità dei sistemi individuati.

Celle a combustibile

Sono proseguite le attività di R&S delle celle ad elettrolita polimerico e a carbonati fusi e dei sistemi per le loro applicazioni, sia stazionarie che di trazione, condotte nell'ambito di programmi nazionali ed europei in collaborazione con industrie, strutture di ricerca, pubblica amministrazione e utenti. In particolare, le attività si sono svolte prevalentemente all'interno di un progetto FISR Sviluppo delle tecnologie delle celle a combustibile e dei sistemi per le loro applicazioni, che è stato avviato nella seconda metà del 2005, ha una durata di 3 anni, è coordinato dall'ENEA e coinvolge le principali aziende nazionali attive nel settore (Ansaldo Fuel Cells, De Nora Tecnologie Elettrochimiche e Arcotronics Fuel Cells).

Celle ad elettrolita polimerico

Le attività in questo settore sono articolate nella ricerca e sviluppo di materiali e componenti innovativi, nello sviluppo stack e nuove configurazioni di cella e nella realizzazione e sperimentazione di stack e sistemi da 1-5 kW, con diversi combustibili (idrogeno, gas da reforming del metano, GPL). In tale ambito l'ENEA durante il 2006 ha realizzato strati catalitici mediante tecniche di elettrodeposizione e materiali elettrodi di supporto con caratteristiche migliorate, ha collaborato con l'industria allo scale up dei componenti (assemblati membrana/elettrodi e piatti bipolari) fino a 500 cm²; e, infine, ha realizzato una stazione di prova in grado di sperimentare un reformer a GPL per un sistema da 1 kW.

Celle a carbonati fusi

Il progetto FISR citato in precedenza prevede, per le celle a carbonati fusi, lo sviluppo di materiali e componenti innovativi, la sperimentazione di un impianto da 125 kW disponibile (presso il C.R. di Trisaia con bio-combustibili d'origine diversa), lo sviluppo di sistemi combinati cella/turbina, attraverso la realizzazione e sperimentazione di un sistema da 125 kW (presso il C.R. di Casaccia, costituito da un emulatore della cella accoppiato con una turbina) e l'analisi di impatto ambientale e del ciclo di vita.

Nel corso del 2006 è stata curata la messa a punto di processi di produzione di materiali catodici alternativi all'ossido di nichel, lo sviluppo di processi automatici per la ricopertura con alluminio dei piatti bipolari, l'adeguamento delle infrastrutture e dell'impianto per il sistema da 125 kW alimentato a biocombustibili disponibile presso il C.R. di Trisaia e, infine, la definizione della configurazione impiantistica del sistema cella/turbina da 125 kW da realizzare presso il C.R. di Casaccia.

Inoltre nell'ambito di un secondo progetto FISR, coordinato dall'Università di Genova, avente per obiettivo la realizzazione e sperimentazione, presso l'impianto a celle a combustibile della Bicocca, di un sistema da 500 kW pressurizzato alimentato con gas di sintesi a composizione variabile, l'ENEA ha partecipato alla definizione della configurazione del sistema ed alla progettazione dello stesso.

Infine, agli inizi del 2006 sono state avviate le attività di un progetto europeo FCTESQA Fuel Cell Testing, Safety and Quality Assurance, coordinato da ENEA. Il progetto, di durata quadriennale, si pone l'obiettivo di validare, le procedure di prova dei componenti e del sistema con celle a combustibile nel suo insieme, definite nell'ambito di un precedente progetto FCTESTNET, fornendo un supporto essenziale alla standardizzazione delle procedure stesse.

Sistemi di accumulo elettrochimico

Nel 2006 si è concluso il progetto europeo LIBERAL, che ha avuto per oggetto la caratterizzazione di celle e moduli di batterie al litio per applicazioni veicolari, con l'obiettivo di sviluppare una procedura europea per prove di vita accelerate.

Sono state avviate le attività del progetto europeo ILHYPOS Ionic Liquid-based Hybrid Power Supercapacitors, coordinato dall'ENEA; Il progetto ha una durata di 36 mesi e mira a sviluppare materiali, sistemi ed attrezzature di processo e di prova per una nuova classe di supercondensatori "verdi" con prestazioni superiori ai prodotti attuali in commercio (oltre 15 Wh/kg e 7 kW/kg);

Sono state avviate le attività del progetto europeo HYSYS Fuel Cell Hybrid Vehicle System Component Development; Il progetto ha una durata prevista di 4 anni e si pone l'obiettivo di progredire in maniera significativa nello sviluppo di veicoli a celle a combustibile anche realizzando nuovi componenti specifici; l'ENEA svolge un'azione di supporto all'utilizzazione di batterie al litio mediante una completa caratterizzazione al banco su celle e batterie complete.

E' stato inoltre approvato un altro progetto europeo ILLIBAT, relativo allo sviluppo di batterie al litio utilizzanti componenti con liquidi ionici, con avvio delle attività agli inizi del 2007.

Ingegneria energetica*Produzione di idrogeno mediante gassificazione del carbone (ciclo Zecomix)*

Il progetto prevede un insieme di attività di simulazione e sperimentazione per lo studio di un processo integrato focalizzato sulla produzione di H₂ con il metodo ZEC *Zero Emission Coal* con sequestrazione geologica della CO₂ mediante processo di mineralizzazione e contemporanea produzione di energia elettrica zero emission. Connesse a queste ultime sono previste attività di studio dei processi di combustione di idrogeno ed ossigeno in condizioni di elevatissima sicurezza ed affidabilità, in combustori a pressione atmosferica (tipici di caldaie termoelettriche) e superatmosferica (tipici di turbine a gas) operanti secondo la nuova tecnologia della “mild combustion”. Nel 2006 è stata eseguita la progettazione esecutiva impianto sperimentale, la preparazione del sito, la realizzazione attrezzature di prova in scala laboratorio e l'avvio di prove sperimentali, studio e sperimentazione di combustione H₂/O₂ su MICOS e IDEA.

Sviluppo di sistemi ibridi cella/turbina a gas

Questa linea d'attività prevede lo sviluppo e la sperimentazione di sistemi innovativi per la generazione elettrica distribuita basati sull'utilizzo di microturbine a gas e celle a combustibile ad alta temperatura, integrate in impianti ibridi in grado di operare con efficienza complessiva dell'ordine del 60 – 65% o superiori. Sarà realizzato un ciclo ibrido sperimentale ottenuto accoppiando opportunamente una cella a carbonati fusi da 125 kW (oppure un suo emulatore fisico) con una microturbina presso il C.R. di Casaccia, da alimentare con gas naturale. La realizzazione dell'impianto consentirà lo studio dell'integrazione delle due tecnologie con sinergie rilevanti anche sullo sviluppo degli altri componenti necessari quali ad esempio gli scambiatori di calore ad alta temperatura. Le attività 2006 sono consistite essenzialmente nella preparazione del sito ed alla sua progettazione.

Processi di combustione

Il progetto GAS-COAL, approvato dal MIUR (legge 297/1999) si propone lo sviluppo di tecnologie di produzione e di trattamento di syngas da carbone, attraverso una sperimentazione che prevede la gassificazione del carbone ed il suo utilizzo sia per la produzione d'energia elettrica sia per la produzione d'idrogeno. Le attività 2006 sono consistite in studi sulla gassificazione e sulla progettazione dell'impianto da realizzare in Sardegna;

Il progetto PENGUIN, approvato dal MIUR (legge 297/1999), si propone lo sviluppo di un sistema basato su un gassificatore updraft integrato con miniturbina per la valorizzazione del CDR *Combustibile Derivato da Rifiuti*. Le attività 2006 hanno riguardato l'esecuzione di studi di sistema, mediante simulazione con codice IPSE, e la definizione del layout dell'impianto.

Il progetto HIT-WASTE-ITEA si propone lo sviluppo di tecnologie termochimiche ad elevata temperatura ed a basso impatto ambientale, basate sui principi della “MILD Combustione”, per il trattamento di prodotti residuali, di tipo speciale e/o tossico nocivi, a vario potere calorifico, ed il recupero energetico da essi. Le attività, svolte nel 2006, sono state l'effettuazione di campagne di misure con il laboratorio mobile e il completamento degli studi di sistema.

Il progetto HYDROSYN, finanziato dal MIUR, si propone lo sviluppo di tecnologie di produzione e combustione a basso impatto ambientale di combustibili gassosi ad elevato contenuto d'idrogeno, partendo dalla massificazione di biomasse. Le attività 2006 sono state studi di gassificazione e di combustione in bruciatori per turbine a gas e per post combustione e sperimentazione sugli impianti COMET, BAGIT e MICOS.

Ebollizione in convezione forzata in microgravità

L'impianto MICROBO *MICROgravity BOiling* è stato realizzato con finanziamento ASI, per eseguire prove d'ebollizione in convezione forzata all'interno di tubi in condizioni di microgravità. L'impianto presenta caratteristiche d'unicità a livello sicuramente Europeo, essendo tra i pochi impianti esistenti al mondo per prove di questo tipo. Le condizioni di microgravità (10⁻² g) vengono ottenute con voli parabolici a bordo di un Airbus A300, gestito da Novespace (Società Francese del CNES, Agenzia Spaziale Francese) ed ESA *European Space Agency*, su cui viene montato l'impianto sperimentale. Nel corso del 2006 è stata effettuata la terza campagna sperimentale (ESA PF42), sempre presso l'aeroporto di Bordeaux. In particolare, sono state individuate le soglie di transizione oltre le quali l'assenza di gravità non influenza più il fenomeno dell'ebollizione in convezione forzata. Alcune prove sono state dedicate al quenching di pareti ad alta temperatura.

Scambio termico monofase in canali microcapillari.

Per quanto riguarda l'attività sulla termofluidodinamica in microcanali, è stata completata la campagna sperimentale di scambio termico con acqua in tubi di silice fusa rivestiti con deposito in oro di alcuni nanometri e di acciaio inossidabile, utilizzando l'impianto MISHTRA *MicroScale Heat TRAnsfer*. Si tratta di uno dei pochi studi sperimentali completi disponibili per lo scambio termico locale in microtubi, sia in moto laminare che in moto turbolento, che consente quindi una completa mappatura dello scambio termico in tubi microcapillari. Sono state evidenziate le differenze del tipo di materiale costituente il microtubo.

MOBILITA' E TRASPORTI**Mobilità sostenibile**

Il progetto SITRAC, realizzato con il consorzio TRAIN e cofinanziato dal MIUR riguarda la ricerca su simulatori a supporto dello sviluppo di una rete di trasporto intermodale basata sul cabotaggio. Il progetto intende sviluppare strumenti software che consentano di valutare come l'applicazione congiunta di più soluzioni innovative potrebbe rendere maggiormente competitivo un servizio di cabotaggio nazionale o europeo. Il progetto si è concluso nel 2006 con il completamento delle attività di simulazione degli scenari e d'analisi dei risultati.

Il progetto AGROLOGIS acquisito nell'ambito delle attività del consorzio TRAIN, prevede lo sviluppo di una catena logistica intermodale dedicata alla filiera agroalimentare. Il progetto ha come obiettivo la realizzazione di uno scenario tecnologico innovativo finalizzato al miglioramento del trasporto e la distribuzione dei prodotti ortofrutticoli dalle aree di produzione del Mezzogiorno, ai mercati nazionali e internazionali. Elementi fondamentali ed innovativi sono quelli relativi all'implementazione di sistemi intelligenti per la gestione dell'informazione e dei servizi, e di sistemi di tracciabilità dei prodotti. Nel 2006 sono state completate le attività per lo sviluppo di sistemi hardware, la realizzazione di campagne di misura e la messa a punto di sistemi di simulazione.

Il progetto SITI si propone di dimostrare attraverso l'introduzione d'avanzate soluzioni tecnologiche e gestionali, sia nella struttura del tunnel che nei veicoli transitanti, di gestire in modo coordinato e integrato, attivo e dinamico, le problematiche di sicurezza nei tunnel. Il progetto proposto dal Consorzio TRAIN è iniziato a metà dello scorso anno. Le attività svolte nel 2006 hanno riguardato principalmente lo sviluppo di sistemi bordo-terra per la diagnosi in tempo reale dello stato del carico trasportato e la valutazione del volume del traffico di merci pericolose transitanti nel tunnel.

Il progetto CEDM-Lucca *Centro Ecologico per la Distribuzione delle Merci* a Lucca riguarda l'ideazione, la progettazione concettuale e la sperimentazione di nuovi schemi logistici di distribuzione urbana delle merci. Il progetto si propone di sperimentare delle modifiche radicali alle modalità di distribuzione delle merci nei centri cittadini, allo scopo di ottenere una forte riduzione dell'impatto energetico e ambientale, mantenendo tuttavia o addirittura incrementando la sostenibilità economica. Nell'ambito del progetto, L'ENEA ha effettuato uno studio sui veicoli ecologici utilizzabili oggi e nell'immediato futuro, definendo delle linee guida per la scelta e valutando le diverse alternative proponibili in relazione ai diversi schemi di distribuzione ipotizzabili.

Il progetto MIRACLES è stato completato nel 2006. La campagna sperimentale di misurazione in campo, finalizzata a valutare l'effetto dell'introduzione nelle flotte TP di nuovi veicoli ecologici a basso impatto ambientale, è stata effettuata mediante l'impiego di un laboratorio mobile.

Tecnologie per veicoli innovativi

Il progetto MICROCAR prevede realizzazione di due prototipi d'auto da città utilizzando trazione ibrida, caratterizzate da bassi consumi, emissioni ed ingombri. L'attività 2006 è consistita nello studio di fattibilità, e nella sviluppo e nel prove a banco del sistema di trazione ibrida.

Il progetto MICROVETT è relativo allo studio e messa a punto di veicoli ibridi di tipologia innovativa realizzati dalla MicroVett. Sono state svolte attività di prova della vita di sistemi di accumulo al litio.

Il progetto Bong-Hy prevede l'esecuzione di campagne sperimentali per dimostrare le potenzialità, in termini di riduzione dei consumi energetici, di miscele di metano ed idrogeno, attraverso una sperimentazione al banco effettuata presso il banco a rulli del C.R. di Casaccia su veicolo commerciale (Daily)

A.4 DIPARTIMENTO TECNOLOGIE FISICHE E NUOVI MATERIALI (FIM)

NUOVI MATERIALI PER L'INDUSTRIA

Materiali funzionali e loro tecnologie di integrazione

Ai fini dell'inserimento delle attività nel contesto nazionale, sono state effettuate l'adesione alla richiesta di acquisire la presidenza organizzativa del prossimo congresso AISEM sulla sensoristica (che si svolgerà nel 2007), l'adesione alla richiesta di partecipare all'organizzazione del congresso Electroluminescente (che si svolgerà nel 2008) e la realizzazione di un sito web in inglese ove pubblicizzare i risultati finora conseguiti. Inoltre è iniziata un'analisi tecnico-strategica, orientata a proiettare le tecnologie sviluppate nel settore ICT *Information and Communication Technologies* verso applicazioni con valenza energetica.

Nel 2006 sono stati pubblicati i decreti di finanziamento del Laboratorio Pubblico-Privato TRIPODE, e completata la ristrutturazione del capitolato tecnico, preludio all'effettivo finanziamento da parte del MUR nel 2007. E' stato anche finanziato il Centro di Competenza Tecnologica LISIM *Laboratori di Innovazione e Sviluppo per le Imprese Meridionali*, al quale l'ENEA parteciperà con attività pertinenti la sensoristica. Nell'ambito dei progetti sono stati conseguiti i seguenti risultati:

- è stato completamente installato un sistema di evaporazione di materiali attivi per sensori di gas, fornendo anche i sensori di produzione ENEA alla ditta incaricata di integrarli in centraline di rilevazione (CORICAM – Polyproject);
- sono state completate le nuove camere pulite già pianificate, realizzandovi un laboratorio per la nano-strutturazione di materiali e dispositivi ("Focused Ion Beam");
- sono iniziate le operazioni di "propagazione" delle applicazioni delle centraline di rivelazione dei gas realizzate nei laboratori di Portici, iniziando il monitoraggio dei gas d'origine vulcanica in siti a rischio, in collaborazione con l'Osservatorio Vesuviano e l'INGV;
- è stata completata la messa a punto dei materiali elettro-luminescenti che saranno utilizzati nelle future realizzazioni di display OLED prototipali con BTICINO e altri operatori industriali;
- è stato completata e installata la piattaforma informatica per la progettazione elettronica condivisa di micro-circuiti e sensori.

Nell'ambito del progetto CAMPEC (realizzazione di un centro di ricerca in materiali plastici presso il C.R. di Portici), è stata installata l'apparecchiatura di ink-jet, iniziando progettazione e prove su dispositivi a base di inchiostri compositi e polimerici e a base di inchiostri metallici. I vari laboratori dedicati alle tecnologie di stampa ed incisione dei materiali (il laboratorio virtuale MINAPRINT) sono stati consegnati alla fine dell'anno. Il loro allestimento sarà completato nel 2007 con l'installazione delle apparecchiature "hot-embossing" e "nano-imprint" (finanziata dal progetto TRIPODE).

Sono poi stati completati i lavori di messa a punto per quattro brevetti:

- per la fabbricazione e incapsulamento di diodi OLED
- per la applicazione di materiali in forma dispersa tramite sonicazione
- per il patterning di materiali in forma dispersa tramite polimeri spellicolabili
- per la fabbricazione di sensori di idrogeno a nanofilo.

Qualificazione di materiali e componenti e metodologie di misura e metrologia

Nel campo della qualificazione e dimostrazione della durabilità ed affidabilità dei materiali e dispositivi l'ENEA dispone di un sistema integrato di laboratori sperimentali continuamente ampliato con nuovi impianti progettati e realizzati interamente dall'Ente. Tale sistema presenta caratteristiche d'unicità non solo per la presenza d'alcuni impianti singoli ma soprattutto per il carattere integrato della sua capacità di condurre complete campagne di prova e sperimentazioni anche in complementarietà con quanto esiste in Europa ed in Italia ed operativo nel settore. Nel settore dei trasporti ferroviari, sono state concluse le attività sperimentali preliminari necessarie allo sviluppo di metodologie per il monitoraggio ed il controllo d'infrastrutture ferroviarie e del materiale rotabile basate sulla definizione di funzioni di trasferimento delle vibrazioni indotte.

Tali attività, svolte su commessa ed in collaborazione con due società partecipate ENEA e precisamente i Consorzi TRE e TRAIN, hanno portato alla messa a punto di due modelli stocastici d'interpretazione dei dati sperimentali basati sulla tecnica *SVD Single Valued Decomposition* e Filtro di Kalman. Inoltre nello stesso settore è stato concluso un progetto Europeo CRAFT *U-Rail*, nel quale è stato sviluppato e provato in operazione un sistema di monitoraggio in continuo ed in movimento del materiale rotabile mediante tecniche ad ultrasuoni non a contatto.

Nel campo dei materiali strutturali sono state completate le prime campagne di prova condotte nell'ambito dei progetti in corso finanziati dal MIUR, di definizione delle caratteristiche meccaniche e di durabilità di fibre rinforzate su base polimerica (FRP) utilizzate come confinamento e rinforzo d'elementi strutturali nell'ingegneria civile.

In collaborazione con il DPC *Dipartimento della Protezione Civile* sono stati sperimentati materiali e dispositivi per la riduzione degli effetti di sismi mediante isolamento alla base (gomma, gomma-acciaio, leghe a memoria di forma, ecc.) oppure utilizzo di controventi con elementi dissipativi acciaio, leghe metalliche, controlli semiativi.

In accordo con il Consorzio interuniversitario RELUIS è in fase d'avanzata attuazione un progetto, finanziato interamente dal DPC, nell'ambito del quale è stato sviluppato un metodo di messa in sicurezza basato sull'Early Warning di sismi, frane, tsunami, ecc.

In collaborazione con lo stesso Consorzio ed altri operatori (ad es. il Politecnico di Bari e Italcementi) sono stati sviluppati e messi a punto, strumenti metodologici e tecnologici che consentiranno l'utilizzo di Controlli non Distruttivi per la definizione delle caratteristiche dei calcestruzzi in opera e modelli di invecchiamento accelerato per la definizione della vita qualificata degli stessi materiali.

E' partito operativamente l'accordo di collaborazione con la Società partecipata SIET avente per oggetto la gestione congiunta con ENEA dei laboratori di metrologia delle grandezze elettriche, termiche e lunghezze del C.R. di Trisaia, che è l'unico accreditato SIT *Servizio Italiano di Taratura* esistente a sud di Napoli con il fine di raggiungere in un biennio la piena remuneratività del servizio.

Metodi e processi di sintesi e caratterizzazione di materiali nanofasici e nanostrutturati

Sintesi e caratterizzazione di metalli e semiconduttori sotto forma di nanoparticelle

Le attività si sono focalizzate sulla funzionalizzazione delle nanoparticelle con molecole organiche (polimeri coniugati) e caratterizzazione delle proprietà strutturali e funzionali. Sono state messe a punto diverse strategie di sintesi colloidale che hanno dato ottimi risultati per quanto riguarda la qualità dei materiali prodotti in termini di controllo della dimensione, della cristallinità e della forma delle nanoparticelle. Relativamente alla fabbricazione di nanocompositi con nanoparticelle di semiconduttori II-VI (CdS e ZnS) in matrice polimerica ottenuti, per via termolitica, sono stati ottenuti incoraggianti risultati mediante irraggiamento laser di polimeri "caricati" con i precursori idonei al fine di mettere a punto metodi che consentano di realizzare strutture patternate.

Materiali nanostrutturati per applicazioni energetiche

L'attività è stata focalizzata sulle due direttrici pianificate inerenti i materiali per i cicli termochimici per la produzione di idrogeno ed i materiali per lo stoccaggio di idrogeno. Relativamente al primo punto, è stata studiata la generazione di idrogeno nel sistema H_2O /Ferrite di manganese/ Na_2CO_3 mettendo a punto i parametri operativi ed ottenendo risultati d'ottimo livello in termini di temperatura di reazione ed utilizzo dei reagenti. Dal punto di vista impiantistico si è impostato l'attività di "testing" di un reattore su scala pre-pilota in grado di studiare la produzione di idrogeno con il ciclo termochimico delle ferriti miste fino a temperature di 850°C e pressioni di 16 atmosfere in flusso di gas controllato e con la possibilità di miscelare fino a 4 differenti tipi di gas.

Relativamente alla sintesi dei nano reagenti per i succitati cicli termochimici, sono stati affinati i parametri operativi per la produzione di nanofasi mediante sistemi liquidi, in particolare in relazione alla stabilità fisica delle fasi micellari e alla stabilità dimensionale dei nano reagenti.

Per la preparazione di materiali per lo stoccaggio, si è operato sia sul versante dell'adeguamento strumentale che su quello dello studi di materiali compositi e nanostrutturati.