

ENERGIA, AMBIENTE E INNOVAZIONE

ANNO 52

NOVEMBRE-DICEMBRE 2006

Il contenuto degli articoli pubblicati è di esclusiva responsabilità degli autori. La riproduzione di articoli o parte di essi deve essere autorizzata dall'ENEA.

Finito di stampare nel mese di gennaio 2007



ENEA

Direttore responsabile Mauro Basili

Direttore esecutivo Flavio Giovanni Conti

Comitato tecnico-scientifico Osvaldo Aronica, Paola Batistoni, Vincenzo Di Majo, Stefano Giammartini, Rino Romani, Emilio Santoro

Responsabile editoriale Diana Savelli

Coordinamento editoriale Alida La Croce
ENEA-Lungotevere Thaon di Revel 76, 00196 Roma, Tel. 06-36272401,
e-mail: lacroced@sede.enea.it

Collaboratori Antonino Dattola, Giuliano Ghisu

Progetto grafico Bruno Giovannetti

In copertina Sistema di manipolazione remotizzata IVROS per il Tokamak FTU, Centro Ricerche ENEA Frascati (foto: Francesco Paradiso)

Stampa Tipografia Primaprint, Via dell'Industria n. 71, 01100 Viterbo

Registrazione Tribunale Civile di Roma
Numero 6047 del 2 dicembre 1957 del Registro Stampa. Modifiche in corso

Pubblicità Primaprint srl

Abbonamento annuale Italia € 21,00, Estero € 21,00; una copia € 4,20
C.C.P. n. 59829580 intestato a Primaprint srl
Via dell'Industria, 71 - 01100 Viterbo - Tel. 0761-353676 - Fax 0761-270097
e-mail: info@primaprint.it

www.enea.it

www.enea.it

4

EDITORIALE*Mauro Basili*

6

**IL FOTOVOLTAICO: SVILUPPO DELLA RICERCA
E OPPORTUNITÀ PER L'INDUSTRIA****PHOTOVOLTAIC: RESEARCH, DEVELOPMENT AND OPPORTUNITIES FOR INDUSTRY***Anna De Lillo***PRIMO PIANO**

Lo sviluppo delle fonti rinnovabili di energia è condizione necessaria per affrontare la transizione energetica imposta dalle problematiche sempre più pressanti connesse all'approvvigionamento dei combustibili fossili e ai rischi di cambiamento climatico. In questo ambito riveste un particolare rilievo lo sviluppo e la diffusione della tecnologia solare fotovoltaica che, seppure ancora lontana dalla maturità, è in grado di fornire un contributo sempre più rilevante alla produzione di energia elettrica

The development of renewable energy sources is essential for the transition necessitated by the increasingly urgent problems related to the procurement of fossil fuels and to the risks of climate change. In this context, an especially important role falls to the development and spread of photovoltaic technology, which, though still far from maturity, is already capable of providing ever larger contributions to electricity generation

20

INTERVISTA ALL'ON. UMBERTO GUIDONI, PARLAMENTARE EUROPEO**INTERVIEW WITH EUROPEAN M. P. UMBERTO GUIDONI***A cura di Paola Batistoni*

26

LA GESTIONE DEI RIFIUTI URBANI**URBAN WASTE MANAGEMENT****RIFLETTORE SU**

Per il recupero e lo smaltimento dei rifiuti urbani è oggi disponibile un ventaglio di tecniche provate, affidabili e ambientalmente compatibili che permettono di conseguire risparmi di risorse e riduzione di emissioni globali nocive. Sul tema presentiamo quattro contributi di approfondimento che ne illustrano le tecnologie, gli indirizzi comunitari, il quadro di azioni nazionali e il contributo per il raggiungimento degli obiettivi di Kyoto

Many proven, reliable and eco-friendly methods available today for exploiting and disposing of urban waste make it possible to save resources and lower global emissions of harmful gases. On this subject we publish four articles describing technologies, EU policies, Italy's action plans and the results of the nation's efforts to achieve the Kyoto targets

- 27 • *Recupero energetico dei rifiuti urbani in Italia*
• *Indagine ENEA-Federambiente*
- 29 • *La gestione dei rifiuti urbani: tecniche e risvolti ambientali*
Pasquale De Stefanis, Maurizio Coronidi, Vito Iaboni
- 41 • *Indirizzi comunitari per una gestione sostenibile dei rifiuti*
Maurizio Coronidi, Pasquale De Stefanis, Maria Francesca Scaldasferri
- 46 • *Quadro nazionale e azioni per una gestione integrata dei rifiuti*
Maurizio Coronidi, Andrea Rossi Marcelli, Giulia Sagnotti
- 53 • *La riduzione delle emissioni di gas-serra nel settore della gestione dei rifiuti: un contributo agli obiettivi del Protocollo di Kyoto*
Elisabetta Bemporad, Maurizio Coronidi, Giulia Sagnotti

Come preannunciato nel precedente fascicolo della rivista, continua in questo numero la pubblicazione di interventi nel campo della gestione dei rifiuti. Il continuo e, stando ai dati, inesorabile aumento della produzione annua di rifiuti nel nostro Paese reclama una strategia di attacco al problema che, abbandonando le logiche emergenziali, sia finalmente capace di dispiegare sul territorio le risorse scientifiche, tecnologiche, operative e gestionali che sono pur presenti in Italia agli stessi livelli di altri Paesi avanzati, come dimostrano i contenuti degli articoli qui proposti.

In questo numero della rivista il lettore troverà inoltre un articolo relativo allo sviluppo e alla diffusione in Italia della tecnologia solare fotovoltaica.

Questo intervento deriva da uno specifico workshop tenutosi in ENEA alcune settimane fa. L'acceso dibattito su produzione e uso dell'energia e le gravi ripercussioni sul clima globale, fanno emergere con particolare evidenza l'opportunità di accelerare drasticamente il ricorso alle energie rinnovabili e in particolar modo a quella di origine fotovoltaica. Gli eccezionali risultati della politica industriale tedesca in questo campo ci indicano il cammino da percorrere ma anche il grande lavoro che ci attende per raggiungere simili traguardi.

Completa la serie degli articoli un intervento che pone la questione idrogeno in una dimensione geopolitica europea e nordafricana che tende a disegnare Marocco e Libia come grandi produttori di idrogeno senza emissioni di CO₂. L'articolo si sofferma sui due progetti comunitari che affrontano le problematiche della transizione energetica verso l'idrogeno e sul ruolo che l'ENEA sta svolgendo in questo ambito per conto del nostro Paese.

Le interviste sono una delle novità del presente corso editoriale di "Energia, Ambiente e Innovazione"; esse hanno lo scopo di affrontare con maggiore immediatezza ed efficacia, attraverso la voce dei protagonisti, le problematiche tecnico-scientifiche di più grande attualità. A questo obiettivo risponde pienamente l'intervista all'onorevole Umberto Guidoni, parlamentare europeo, membro della Commissione per l'Industria, la Ricerca e l'Energia.

I temi affrontati nell'intervista, a cui si rimanda, sono molteplici, tutti ovviamente riguardati in una prospettiva europea, ma uno spunto in particolare reclama in questa sede un breve commento. L'onorevole Guidoni, noto alle cronache anche come il primo astronauta italiano, è stato un ricercatore dell'ENEA. Nell'intervista, ci sono alcuni piccolissimi dettagli nel suo modo di

sviluppare i concetti e le riflessioni che ancora oggi, dopo tanti anni, fanno riconoscere il collega a chi svolge il proprio lavoro in ENEA. Si tratta di un imprinting per il giovane ricercatore che entra nel ciclo produttivo dell'Ente di ricerca di cui viene a far parte. Più la missione di un Ente di ricerca è precisa, ben focalizzata, rispetto alle esigenze del Paese, maggiore è l'imprinting che il ricercatore riceve lavorando nei laboratori. Egli tenderà ad affrontare i problemi che gli verranno posti secondo una scala di sensibilità, di priorità e di regole comportamentali che sono il risultato sedimentato del lavoro dei colleghi che hanno operato e operano accanto a lui con l'obiettivo di rispondere alla missione dell'Ente. Se questo accade si ottiene, come in qualunque comunità di viventi, una biodiversità, questa volta di tipo culturale, figlia delle diverse "scuole" che compongono il panorama di strutture di ricerca di un paese.

Ha senso conservare un tale bagaglio di diversità in un momento della vita del mondo della ricerca italiana (e non solo) in cui è forte l'esigenza di convergenza e razionalizzazione delle attività degli Enti di ricerca? Lo stesso Guidoni nella sua intervista evidenzia più volte come, anche a livello comunitario, è forte l'esigenza di un maggiore coordinamento della ricerca scientifica dei vari Paesi dell'Unione e di una maggiore massa critica dei progetti scientifici europei.

La risposta è scontata: è proprio il crescente bisogno di maggior coordinamento della ricerca pubblica a dettare l'esigenza di una maggiore definizione delle missioni dei singoli enti, non solo per evitare ridondanze, sprechi e doppioni ma soprattutto perché una forte differenziazione nei compiti delle diverse strutture di ricerca costituisce una risorsa per il sistema paese fornendo un articolato patrimonio di esperienze indispensabile per affrontare con successo le continue sfide della competitività.

La Carta Europea dei Ricercatori, firmata da ENEA e da altri Enti di ricerca italiani, ha lo scopo di abbattere le barriere alla mobilità. Si tratta di un atto importante, propedeutico al raggiungimento dello status unico dei ricercatori. In esso va considerato implicito un importante corollario: scongiurare l'omologazione degli enti di ricerca.

Viva la differenza soprattutto quando l'obiettivo è quello di porre tutti gli Enti di ricerca in un unico comparto.

Il Direttore Responsabile
Mauro Basili

energia, ambiente e innovazione

Il fotovoltaico: sviluppo della ricerca e opportunità per l'industria

ANNA DE LILLO

ENEA
Tecnologie per l'Energia,
Fonti Rinnovabili
e Risparmio Energetico

primo piano

Lo sviluppo delle fonti rinnovabili di energia è condizione necessaria per affrontare la transizione energetica imposta dalle problematiche sempre più pressanti connesse all'approvvigionamento dei combustibili fossili e ai rischi di cambiamento climatico. In questo ambito riveste un particolare rilievo lo sviluppo e la diffusione della tecnologia solare fotovoltaica che, seppure ancora lontana dalla maturità, è in grado di fornire un contributo sempre più rilevante alla produzione di energia elettrica

Photovoltaic: research, development and opportunities for industry

The development of renewable energy sources is essential for the transition necessitated by the increasingly urgent problems related to the procurement of fossil fuels and to the risks of climate change. In this context, an especially important role falls to the development and spread of photovoltaic technology, which, though still far from maturity, is already capable of providing ever larger contributions to electricity generation

La tecnologia fotovoltaica a livello europeo¹

Il mercato fotovoltaico (PV) mondiale, che continua a crescere a ritmi del 40% oramai da oltre 5 anni, si sta velocemente diffondendo anche in Europa² (figura 1). Questo fenomeno non è casuale: l'Europa si è fortemente impegnata nel settore e i prossimi anni saranno decisivi per lo sviluppo di questa tecnologia che, oltre ai benefici di tipo energetico e ambientale, presenta un elevato potenziale tecnologico in grado di dare un contributo significativo alla crescita economica.

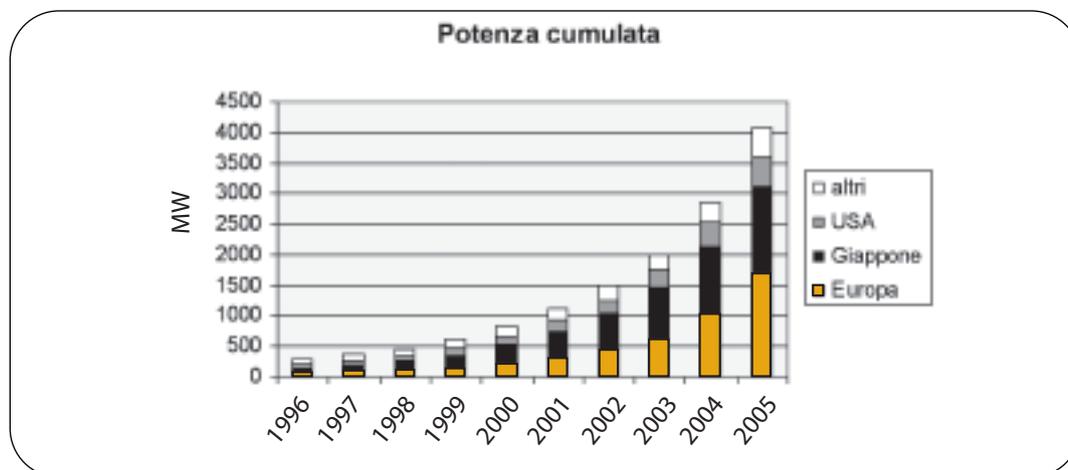


Figura 1 - Distribuzione geografica potenza PV cumulata nel mondo
Fonte: IEA

Gli indirizzi dell'Unione Europea

L'Unione Europea, sin dalla fine degli anni 70, ha favorito attività di ricerca e sviluppo (R&S) nel fotovoltaico allo scopo di rendere tale opzione una reale risorsa energetica e un'opportunità di crescita socio-economica. Visti i notevoli risultati ottenuti nell'arco di oltre 20 anni, il Consiglio Europeo ha promosso nel 2003 l'istituzione di una Piattaforma Tecnologica Europea di settore per:

- contribuire ad un rapido sviluppo del PV europeo a livello mondiale per la produzione sostenibile di elettricità;
- coinvolgere gli stakeholder nella formulazione di programmi di ricerca;
- stabilire una stretta connessione e coordinamento tra industria, ricerca e mercato.

Il suo ruolo è di definizione, supporto e accompagnamento alla realizzazione di un piano strategico coerente che prevede di:

- mobilitare tutti i partecipanti per un impegno sul fotovoltaico a lungo termine;
- implementare la Strategic Research Agenda (SRA) europea per il fotovoltaico del prossimo decennio e assicurare il suo adempimento;
- assicurare la leadership all'industria PV europea.

Complessivamente l'impegno europeo in termini di finanziamenti alla R&S è prevalentemente rappresentato dalla somma dei finanziamenti e delle attività che ciascun governo autonomamente decide. Pertanto detto impegno, al momento, non implica un'azione coordinata tra i diversi Stati membri.

¹ Per i termini tecnici si veda il glossario a fine articolo.

² L'analisi che segue non tiene conto della Cina il cui mercato interno e la cui produzione nazionale, pur essendo in forte crescita, sono poco noti non partecipando la Cina ad alcun organismo internazionale del settore.

La politica di settore dell'Unione Europea

A livello europeo diversi atti legislativi e documenti ufficiali definiscono la politica di settore dell'Unione. In particolare:

- il Libro Bianco del 1997 pone l'obiettivo di installare 3 GW di potenza fotovoltaica entro il 2010;
- il Libro Verde del 2000 si propone l'obiettivo di raddoppiare il contributo delle rinnovabili dal 6% al 12% entro il 2010;
- la Direttiva sulla produzione di energia da fonti rinnovabili ha l'obiettivo di portare il contributo delle rinnovabili per la produzione di elettricità dal 14% al 22% entro il 2010.

Gli obiettivi politici sono evidenti e sono stati più volte dichiarati:

- diversificare le fonti di energia e garantire la sicurezza negli approvvigionamenti;
- contribuire alla crescita sostenibile dell'economia mondiale e dei Paesi in via di sviluppo;
- sviluppare una forte industria high-tech europea nel campo delle rinnovabili ed assicurarne un ruolo primario a livello mondiale.

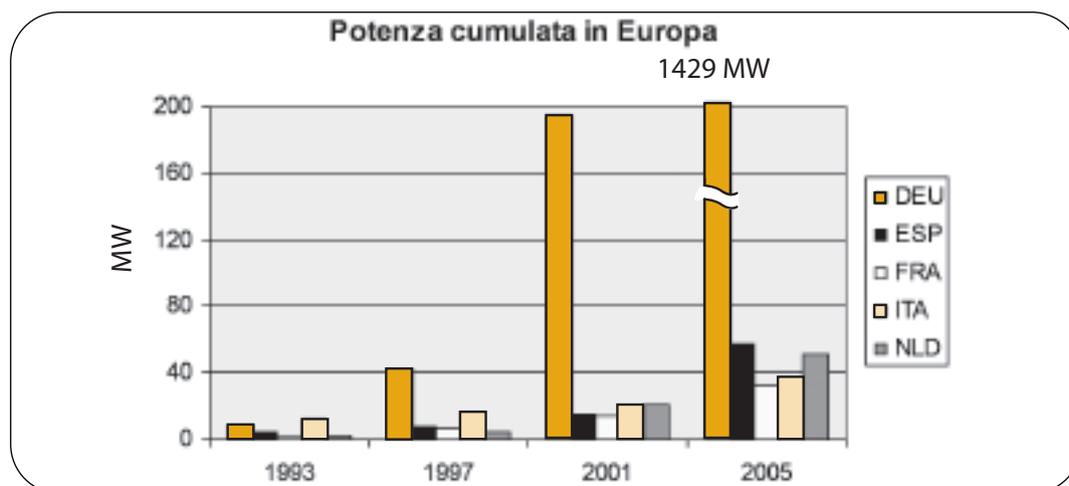
L'impegno europeo, distribuito secondo le possibilità/capacità dei singoli Stati membri, contribuirà a far divenire il fotovoltaico il maggior contribuente alla produzione di energia elettrica nel mondo. L'obiettivo di produrre, entro il 2010, il 22% dell'elettricità da fonte rinnovabile, candida l'Europa quale maggior produttore di energia fotovoltaica.

I grandi attori nel quadro europeo

La situazione tra i diversi Stati membri dell'Unione Europea è molto differenziata ed eterogenea. Le attività di R&S possono essere incluse in programmi più generali sulle rinnovabili (in questo caso il PV deve confrontarsi con le altre tecnologie a meno che non ci siano programmi specifici), oppure essere inserite in programmi il cui obiettivo principale è lo sviluppo tecnologico. Le attività vengono per lo più svolte da enti pubblici di ricerca e università e in parte cofinanziate dai Programmi Quadro dell'UE. Gli Stati membri che attualmente contribuiscono maggiormente alla crescita del mercato delle installazioni sono la Germania e la Spagna (figura 2).

La Germania, in particolare, è riuscita a dimostrare la sostenibilità di una scelta di questo tipo traendone benefici di tipo ambientale, energetico e sociale nonché un ruolo di leader tecnologico all'avanguardia nel settore. La Germania ha avviato programmi di ricerca sul fotovoltaico già dalla seconda metà degli anni 70 creando laboratori pubblici su attività forte-

Figura 2 - Distribuzione della potenza cumulata dai principali paesi europei
Fonte: IEA



mente innovative. Il programma di incentivazione "100.000 roofs", avviato nel 1999, vedeva l'industria tedesca, con circa 3.000 occupati, operare nelle seguenti attività:

- produzione wafer silicio: 10 MW/anno;
- produzione celle: 8-MW/anno;
- produzione moduli: 10 MW/anno;
- installazione: circa 100 imprese.

Nel 2005, a conclusione del programma "100.000 roofs" e all'avvio del nuovo programma di incentivazione in conto energia, gli occupati sono diventati 23.000, le imprese di settore circa 3.500 e il fatturato complessivo è pari a 1,8 miliardi di euro, in particolare:

- produzione wafer silicio: 360 MW/anno;
- produzione celle: 340 MW/anno;
- produzione moduli: 360 MW/anno;
- produzione moduli a film sottile: (a-Si, CdTe e CIS): 11 MW/anno.

Gli analisti di settore e lo stesso governo tedesco prevedono per i prossimi 5 anni una crescita analoga, con ritmi sempre molto sostenuti (30-40% l'anno).

Un raffronto con il Giappone e gli Stati Uniti

Il governo giapponese ha portato avanti negli ultimi quindici anni una politica di lungo termine che include ricerca e sviluppo, dimostrazione, promozione e sostegno del mercato. Il programma giapponese "PV2030" ha come obiettivo la realizzazione al 2030 di impianti per una potenza da 50 a 200 GW. Il programma di ricerca e sviluppo è articolato in tre principali obiettivi, tutti finalizzati all'ottenimento della competitività con i costi di produzione elettrica convenzionale: al 2010 la competitività per le utenze domestiche, al 2020 per le utenze commerciali e al 2030 per quelle industriali. Attualmente il sistema incentivante prevede lo scambio di energia sul posto al netto dei consumi con la valorizzazione dell'energia prodotta pari a 0,2 €/kWh e piccoli prestiti agevolati. In pratica, anche in assenza di incentivazione, il mercato continua a crescere ad un tasso di oltre il 20% l'anno.

Negli Stati Uniti il DOE (Department of Energy) gestisce, attraverso il "National Center for Photovoltaic", il programma nazionale di ricerca. Obiettivo prioritario del programma è la formazione di partnership tra industrie, laboratori pubblici e università. A livello di governo centrale non esiste l'incentivazione al mercato, che però è largamente praticata a livello di singoli Stati o Municipalità con programmi differenziati.

Analizzando i dati resi disponibili dall'IEA (tabella 1) sui costi della ricerca sul PV e sul sostegno al mercato, si nota che l'Europa ha notevolmente aumentato le spese in R&S, anche se con una minore efficacia rispetto a USA e Giappone perché il programma complessivo è semplicemente la somma dei singoli programmi nazionali, mentre gli incentivi europei al mercato sono in forte crescita grazie al programma tedesco che contribuisce per circa il 65% del totale dei costi sostenuti. Anche gli Stati Uniti, dopo un lungo periodo di stasi, stanno aumentando consistentemente il budget di ricerca sulla tecnologia.

Tabella 1 - Spesa pubblica per il PV in R&S, dimostrazione e mercato negli anni 2002 e 2005 (milioni €)

	R&S		Dimostrazione		Incentivazione mercato		Totale	
	2002	2005	2002	2005	2002	2005	2002	2005
Giappone	59	30,1	36	77,9	185	19,2	280	127,2
Europa	58	75	11	15	62	303,5	131	393,5
USA	35	61,4	0	1	80	145,8	115	208,2
Totale	152	166,5	47	93,9	327	468,5	526	728,9

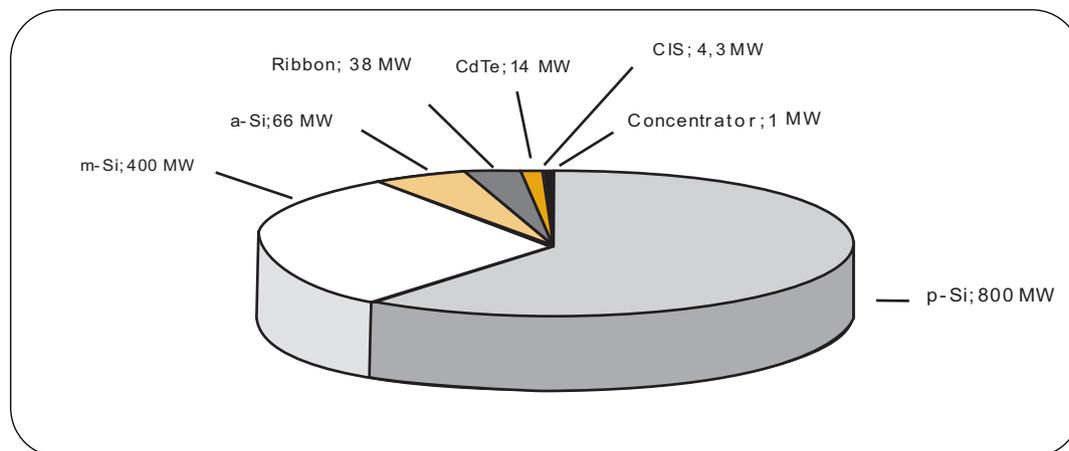
Fonte: IEA-PVPS Annual Report 2002 e 2004

Stato attuale e potenzialità della tecnologia fotovoltaica

Tecnologie commerciali

La tecnologia del silicio cristallino, nelle sue forme monocristallina (m-Si) e policristallina (p-Si) è oggi la tecnologia dominante nelle applicazioni commerciali (figura 3).

Figura 3 - Suddivisione del mercato per tecnologie
Fonte: IEA



Tutti gli analisti, inoltre, concordano nel ritenere che tale materiale dominerà il mercato per i prossimi dieci anni e, pur essendo una tecnologia consolidata da molti anni, è ancora passibile di miglioramenti che dovrebbero aumentarne l'efficienza (fino al 20%) e diminuirne i costi (fino a 1 €/Wp).

La quota di mercato delle tecnologie a film sottile di tipo commerciale (a-Si, CdTe, CIS) è molto contenuta (circa il 7%), anche se tali tecnologie hanno, in linea di principio, le potenzialità per un impiego del fotovoltaico su vasta scala. La scarsa pratica su linee di produzione di film sottili richiede ancora un grosso sforzo congiunto tra industria e ricerca al fine di completare la conoscenza di tutti i parametri in gioco.

Sebbene da anni siano state proposte soluzioni alternative al silicio cristallino nell'ottica di utilizzare materiali più economici e processi più semplici, esso rimane la tecnologia che ancora attira il maggior interesse dei ricercatori. Circa il 60% dei fondi dedicati alla ricerca PV sono impiegati, a livello internazionale, in attività sul silicio cristallino. L'ottimizzazione di questa tecnologia è, infatti, ancora argomento di ricerca per i grandi laboratori internazionali, essendo possibili ancora sensibili riduzioni dei costi e miglioramenti di efficienza. Le proiezioni IEA di sviluppo della tecnologia fotovoltaica confermano queste previsioni (figura 4). La road map IEA prevede ancora nel lungo termine un forte apporto del silicio cristallino il cui costo diminuisce secondo una curva di apprendimento oramai nota e con efficienze via via maggiori.

Infine il quadro delle tecnologie commerciali è completato dalla tecnologia della concentrazione che utilizza piccole celle ad altissima efficienza con concentratori ottici di grande superficie e poco costosi. Gli alti costi di sistema (ottica, inseguimento, raffreddamento) sono compensati dall'alta efficienza.

Tecnologie emergenti

A livello di laboratorio esistono diverse nuove tecnologie sostanzialmente basate o sul concetto di basso costo o sull'alta efficienza o su una combinazione dei due. La maggior parte di queste tecnologie richiede ancora un forte impegno nella ricerca di base anche se, per alcune, esistono piccole linee prototipali. Le nuove tecnologie possono essere suddivise in due grandi famiglie:

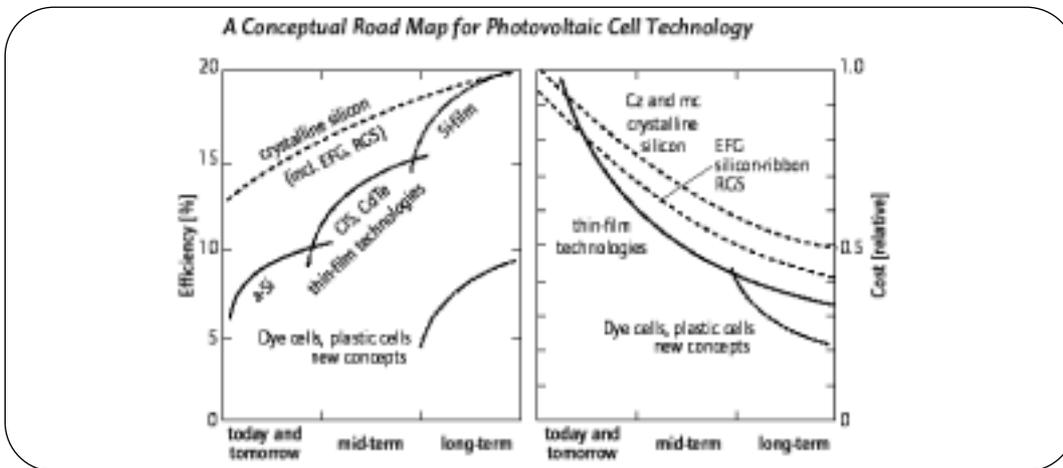


figura 1 - Road map IEA
Fonte: IEA

- Basso costo:
 - celle organiche;
 - celle a base di materiali nanostrutturati;
 - celle “dye sensitised”.
- Alta efficienza:
 - celle a multi giunzione per la concentrazione;
 - nuovi tipi di conversione.

Alcune tecnologie, quali quelle per le celle “dye sensitised” e quelle a multi giunzione, sono già in fase di sviluppo preindustriale. La ricerca sulle celle organiche è considerata ad alto rischio ma ad alta potenzialità; ne è stata dimostrata la fattibilità ma con efficienze bassissime e scarsa stabilità.

Le celle a base di materiali nanostrutturati sono particolarmente promettenti perché gli strati nanostrutturati potrebbero sostituire, a bassissimo costo, il silicio nel processo manifatturiero delle celle e inoltre potrebbero avvantaggiarsi di competenze sviluppate per altri settori.

I costi di produzione delle nuove tecnologie non sono ancora valutabili: tutta l'attività è fortemente orientata sull'efficienza, la stabilità e il tempo di vita.

La tecnologia fotovoltaica in Italia

Il passato

Le istanze energetico-ambientali nate agli inizi degli anni 70 hanno contribuito ad avviare, a livello mondiale, le attività di R&S nel settore. Nella prima metà degli anni 80 anche l'Italia, seppure in ritardo rispetto alle altre realtà internazionali, decideva di impegnarsi in attività che si presentavano molto promettenti sia in termini di diversificazione degli approvvigionamenti energetici che di riduzione dell'impatto ambientale. In considerazione del carattere di ricerca energetica applicata, l'ENEA è stato l'ente pubblico di ricerca preposto allo sviluppo della tecnologia, anche avvalendosi di collaborazioni su temi specifici con il CNR, l'Università e i laboratori dell'industria nazionale (ENI). L'industria, nel frattempo, aveva dato avvio alla produzione destinata al mercato delle applicazioni di nicchia, da sempre competitive, e della dimostrazione. Le attività ENEA sono state fin da allora impostate su tre filoni principali:

- ricerca e sviluppo su nuovi materiali e tecnologie di celle e moduli, con particolare enfasi su quelle basate sui film sottili;

- ricerca e sviluppo, in collaborazione con l'industria nazionale, sulle celle al silicio cristallino ad alta efficienza;
- analisi, studio e verifica sperimentale delle prestazioni dei componenti, degli impianti e delle applicazioni PV.

Notevoli investimenti pubblici tra la fine degli anni 80 e la prima metà degli anni 90 hanno consentito lo sviluppo di competenze ad ampio spettro e la messa a punto di laboratori attrezzati con impianti di deposizione dei materiali e caratterizzazione di materiali e dispositivi, utili alle diverse esigenze sperimentali.

Contemporaneamente l'industria italiana si collocava tra le prime cinque al mondo e la potenza installata, grazie al programma dimostrativo di ENEL ed ENEA, ci poneva al terzo posto, a livello mondiale, dopo Giappone e USA.

Nella seconda metà degli anni 90 si è assistito ad un rapido cambiamento delle strategie di promozione del mercato mondiale, passando da investimenti per realizzare impianti dimostrativi di media-grande taglia, a investimenti rivolti alla generazione distribuita, con lo scopo di stimolare con continuità il mercato. Sono di questo periodo i grandi programmi nazionali di Giappone (Sunshine project - 5 GW al 2010), Stati Uniti (One Million Solar Roofs - 3 GW al 2010) e Germania (programma avviato come 1.000 roof top, ampliato poi a 100.000). È qui che viene meno la coerenza del programma italiano: il ritardo nell'avvio del programma nazionale "Tetti fotovoltaici", soprattutto per la parte gestita dalle Regioni, la scarsa lungimiranza dell'industria nazionale, impegnata a rifornire il mercato tedesco che non aveva ancora al suo interno le capacità produttive necessarie a soddisfare la domanda nazionale, interrompono un processo che, con alti e bassi, aveva finalità strategiche sin dall'origine. Le attività di ricerca, oramai concentrate in ENEA e presso poche Università, non trovano il naturale sbocco presso industrie nazionali e, in assenza di un piano strategico nazionale, perdono in coerenza e finalità.

**ritardi
per l'assenza
di un piano
strategico
nazionale**

Il presente

Il programma nazionale "Tetti fotovoltaici", pur nell'incertezza determinata da procedure di autorizzazione abbastanza farraginose, ha garantito la realizzazione di circa 20 MW nel periodo 2002-2005. Nel settembre 2005 il Ministero delle Attività Produttive lancia il primo bando per la realizzazione di impianti PV per complessivi 100 MW, distribuiti in varie taglie di impianto, incentivati mediante il pagamento a tariffe molto vantaggiose (0,46 - 0,49 €/kWh) dell'energia prodotta (conto energia). Si è cercato, in qualche modo, di ripercorrere la strada tedesca. Il bando ha avuto un forte successo di pubblico tanto che, nell'arco di una settimana, sono state presentate circa 3.000 domande per complessivi 87 MW. Il bando è stato reiterato con ampliamento della potenza installabile a 500 MW. L'industria nazionale ha continuato a latitare mentre si dava l'avvio, mediante bando emesso dalla Regione Lombardia congiuntamente con il Ministero dell'Ambiente, ad una iniziativa per la produzione di celle CdTe con una tecnologia messa a punto presso l'Università di Parma. Inoltre, alcune piccole imprese, nell'ambito di iniziative relative a bandi regionali per la competitività delle imprese, si sono affacciate al mondo industriale anche se timidamente e senza alcun background specifico.

A partire dal 2001 l'ENEA, pur proseguendo le attività più tradizionali, ha avviato un ambizioso programma di ricerca finalizzato allo sviluppo di un sistema fotovoltaico a concentrazione, tecnologia passibile di rapidi miglioramenti tecnologici soprattutto in un periodo in cui la produzione del feedstock di silicio non copre le esigenze delle linee di produzione e i miglioramenti in efficienza delle celle al silicio cristallino fanno ritenere possibile il

loro impiego per la concentrazione. Il programma, anche a fronte di buoni risultati tecnici, non ha trovato, almeno a tutt'oggi, partner industriali disposti ad investire nel settore.

La proposta ENEA

Le competenze

Le attività di ricerca ENEA sul fotovoltaico, avviate negli anni 80, sono complessivamente cresciute fino al 2000 con interessi sempre più ampi via via che l'attenzione sulla tecnologia cresceva, sia a livello nazionale che internazionale. A riprova dell'importanza attribuita a queste attività, fu deciso di realizzare il Centro Ricerche di Portici (nato come CRIF: Centro Ricerche Fotovoltaiche), divenuto operativo nel 1990.

Parallelamente, a livello internazionale, si assisteva alla nascita dei più importanti Centri di ricerca internazionali del settore: basti citare il SERI americano, oggi NREL (National Renewable Energies Labs), il Fraunhofer FhG-ISE tedesco o il NEDO giapponese, per avere una idea di come, a livello mondiale, si giudicasse importante uno sforzo sulla R&S nel campo delle energie rinnovabili, con particolare riguardo al fotovoltaico.

Grazie ai diversi Accordi di Programma con i Ministeri dell'Industria e della Ricerca Scientifica, anche in Italia è stato possibile sviluppare tutte le competenze necessarie a svolgere un ampio programma di ricerca, che ha visto la messa a punto di laboratori attrezzati con impianti di deposizione e caratterizzazione.

Tali attività hanno favorito la collaborazione con i principali laboratori europei ed internazionali del settore sviluppando, a livello nazionale, le sinergie con i laboratori di ricerca universitari, pubblici e privati.

A partire dal 2000, le attività ENEA, non più finanziate a livello nazionale, hanno subito un graduale decremento in termini sia di risorse finanziarie che umane. Infatti il numero dei ricercatori che era pari a circa 100 unità nel 2000 è gradualmente diminuito: oggi sono presenti circa 50 ricercatori nel settore. Questo fenomeno, chiaramente correlato alla contemporanea diminuzione dei finanziamenti di settore passati dagli oltre 30 miliardi di lire annui alla fine degli anni 90 ai circa 4 milioni di euro attuali, ha favorito l'esodo di diversi gruppi di ricerca verso altre tecnologie affini.

In ENEA sono state sviluppate e studiate tre tecnologie commerciali che possono essere ottimizzate e migliorate in termini di costi e prestazioni. In particolare:

Silicio cristallino

Le attività svolte in questo campo sono finalizzate ad incrementare l'efficienza di conversione di celle al silicio cristallino mediante l'individuazione e la sperimentazione di nuove tecnologie e nuovi processi e/o fasi di processo suscettibili di essere impiegati in produzione con significative riduzioni dei costi. La gran parte delle attività è stata svolta nell'ambito di Contratti Comunitari che hanno visto la partecipazione dei principali centri di ricerca europei.

Nei laboratori del Centro Ricerche Casaccia sono state messe a punto tecniche realizzative del dispositivo basate su tecnologia laser, fotolitografia e serigrafia oltre, ovviamente, alle principali tecniche di caratterizzazione. Il laboratorio attrezzato con tutte le più importanti "facilities" tecnologiche e di caratterizzazione, che consentono di processare la cella in modo completo, dal wafer al dispositivo, dispone anche di una piccola linea di produzione prepilota in grado di operare sulle celle commerciali, e di una "clean room" per celle ad alta efficienza. Risultati di rilievo sono:

**esodo
di ricercatori
verso
altre tecnologie
affini**

- la messa a punto e realizzazione di celle industriali di tipo innovativo al silicio multicristallino di larga area ($>100 \text{ cm}^2$) con efficienza di cella incapsulata del 17% (più di due punti assoluti superiore ai valori della produzione corrente);
- la messa a punto e realizzazione di celle al silicio multicristallino di larga area ($>100 \text{ cm}^2$) a contatti sepolti realizzati via laser e griglia metallica realizzata per serigrafia, con efficienza del 16% (processo unico messo a punto nel laboratorio ENEA, che combina la tecnologia dei contatti sepolti con quello di serigrafia);
- la messa a punto e realizzazione di dispositivi al silicio policristallino sottile (10-20 mm) cresciuto per Chemical Vapour Deposition (CVD) su substrati a basso costo (ceramica), realizzati con tecniche di drogaggio laser e serigrafia (grandi potenzialità per il distretto della ceramica nell'ottica del fotovoltaico realmente integrato nei materiali strutturali).

Film sottili

Le due grandi famiglie di materiali impiegabili nei moduli a film sottile sono il silicio amorfo³ e le sue leghe e i semiconduttori composti policristallini, in particolare CdTe e CIS (o CIGS).

attività nei laboratori di Portici

L'ENEA ha sviluppato un ampio programma sul silicio amorfo che sembrava essere il candidato più interessante per la competitività della tecnologia fotovoltaica. Le attività sul silicio amorfo sono svolte nei laboratori di Portici e hanno compreso l'allestimento e la messa in opera di molte apparecchiature ed impianti sperimentali, sia di deposizione e caratterizzazione dei vari strati sottili che compongono una cella su diversi tipi di substrato che di realizzazione e caratterizzazione di celle e moduli integrati. Sono stati affrontati tutti gli aspetti relativi allo studio dei materiali: dalle teorie innovative alla modellistica, dalle proprietà opto-elettroniche e strutturali alle tecniche di "light trapping". Sono state poi studiate, progettate, realizzate ed ottimizzate numerose celle solari, tenendo conto della vasta gamma di opzioni tecnologiche disponibili per questo tipo di dispositivi: deposizione di leghe di silicio amorfo di differente tipo (SiN, SiC, SiGe ecc.), sia drogate che non, e di altri materiali, sempre in forma di film sottile, necessari alla realizzazione di celle e moduli, come ossidi trasparenti e conduttori (TCO) e metalli. Il record di efficienza del 10,9% è stato ottenuto su una struttura stacked a-Si/a-Si da 1 cm^2 depositata su vetro usando un reattore di deposizione a tre camere. Le indicazioni ottenute dallo studio delle celle a piccola area vengono sfruttate per la realizzazione di moduli e mini-moduli. Il modulo a maggiore efficienza 9,1% (7,5% stabilizzato) è stato certificato presso i laboratori del NREL.

Nella tecnologia delle celle solari a film sottile l'ossido trasparente e conduttivo (TCO) è usato come elettrodo frontale del dispositivo. L'ossido deve avere tre importanti qualità per assicurare il più efficace intrappolamento della luce all'interno del dispositivo: buona conducibilità elettrica, buona trasmissione ottica e una appropriata rugosità superficiale in grado di scatterare la luce che entra nella cella. Queste proprietà del TCO influenzano in maniera cruciale le performance del dispositivo. Il recente sviluppo di celle solari a base di silicio microcristallino ha portato l'attenzione internazionale su TCO a base di ZnO, per la sua alta stabilità in plasma di idrogeno e la relativamente bassa temperatura di deposizione. Non essendo disponibili sul mercato substrati di vetro ricoperti di ZnO nei laboratori ENEA del Centro Ricerche di Portici è stato progettato e realizzato un impianto Low Pressure-Metalorganic Chemical Vapour Deposition (LP-MOCVD) per la deposizione di film sottili di ZnO drogato su un'area

³ Più correttamente si intende in questo testo parlare di silicio amorfo idrogenato (a-Si:H) come si ottiene da tecniche di deposizione per PECVD (Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition), e non di silicio amorfo privo di idrogeno come si ottiene tipicamente, ad esempio, per sputtering.

di 30x30 cm². La messa a punto dei parametri di deposizione ha consentito l'ottimizzazione delle proprietà del materiale su larga area sia in termini di uniformità che di rugosità del materiale. Le eccellenti proprietà di scattering della luce mostrate lo rendono idoneo all'uso come elettrodo frontale trasparente e conduttivo di dispositivi ad alta efficienza.

Inoltre sono state realizzate celle solari con eterogiunzioni silicio amorfo-silicio cristallino che hanno mostrato un'efficienza dell'ordine del 16% su piccola area e del 13% su 50 cm².

Concentrazione: Progetto PhoCUS

Il Progetto PhoCUS (Photovoltaic Concentrators to Utility Scale) dell'ENEA ha lo scopo di dimostrare la fattibilità tecnica del fotovoltaico a concentrazione e le sue potenzialità, rispetto al fotovoltaico convenzionale, per il raggiungimento della competitività economica.

Nell'ambito del progetto PhoCUS sono state previste attività sia di Ricerca & Sviluppo sia di dimostrazione e sperimentazione sul campo. Le prime (da svolgere presso i laboratori dei Centri ENEA di Portici e Casaccia) sono relative ai principali componenti dell'impianto, quali la cella, il dispositivo ottico, il modulo, la struttura ad inseguimento e il sistema di condizionamento della potenza; le seconde prevedono l'installazione di facilities sperimentali presso il Centro ENEA di Portici e la realizzazione di più unità (3 sistemi) nell'Area Sperimentale ENEA di Monte Aquilone in Manfredonia. Gli obiettivi principali del progetto sono di seguito riportati:

- 1) sviluppo di una unità standard da 5 kW e realizzazione, installazione, messa in servizio e sperimentazione di più unità presso Manfredonia;
- 2) sviluppo e messa a punto del processo per la realizzazione di celle in c-Si ad alta efficienza con la installazione e messa in funzione della nuova linea presso il Centro di Portici;
- 3) sviluppo e messa a punto della tecnologia per la realizzazione di un modulo integrato a media concentrazione;
- 4) sviluppo e sperimentazione di sistemi cella solare/dispositivo ottico basati su tecnologie alternative;
- 5) sperimentazione e valutazione tecnico-economica dell'applicazione del fotovoltaico a media concentrazione in Italia.

Per quanto riguarda il ricevitore, è stata progettata e realizzata interamente in ENEA una cella al silicio cristallino ad alta efficienza, che mostra efficienze superiori al 21% a concentrazione di 100 soli (figura 5).

Relativamente al concentratore è stato brevettato da ENEA e sviluppato in collaborazione con la Società Borromini un concentratore prismatico che mostra ottime caratteristiche ottiche con una tecnologia di basso costo (figura 6).

Il modulo fotovoltaico è stato brevettato e sviluppato in collaborazione con Enitecnologie e consente di raggiungere valori di efficienza dell'ordine del 16% (figura 7).

L'ottimizzazione di un sistema fotovoltaico a concentrazione richiede, inoltre, lo sviluppo di componenti specifici del BOS (Balance of System), quali l'inseguitore solare e una specifica ingegneria di sistema per quanto riguarda il lay-out geometrico ed elettrico. Il fotovoltaico a concentrazione di tipo integrato richiede, infatti, l'uso di strutture in grado di inseguire il sole sui due assi. Lo sviluppo di tale componente è stato effettuato da ENEA in collaborazione con Galileo Avionica. Inoltre l'ENEA ha brevettato il sistema di controllo e movimentazione a basso costo e il sistema di controllo del puntamento che dà un'elevata accuratezza.

Per quanto riguarda l'architettura elettrica di impianto, essa è stata individuata in quella distribuita, basata sull'uso di inverter di tipo multistringa da connettere su una rete in Bassa Tensione. Tutte le attività di tipo impiantistico si stanno avvalendo della plurien-

**potenzialità
e competitività
economica**

nale e consolidata esperienza ENEA sugli impianti fotovoltaici, presente nel Centro di Portici e nell'Area sperimentale di Monte Aquilone in Manfredonia.

La prima unità prototipale mostra un'efficienza operativa di sistema dell'ordine del 14%.

Figure 5 e 6: sinistra, cella ENEA/PhoCUS; a destra, lente prismatica PhoCUS

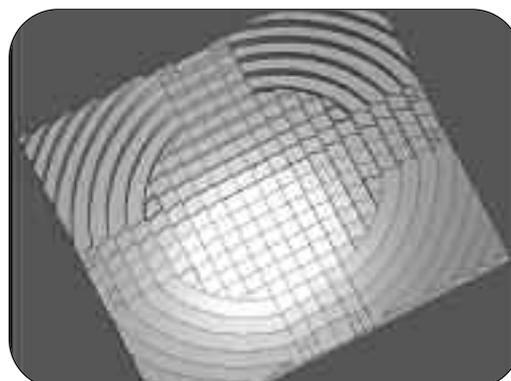
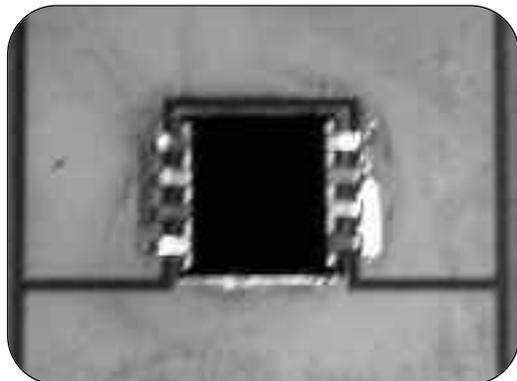


Figura 7 - Modulo PhoCUS



Sistemi, componenti e applicazioni

Le attività riguardano l'individuazione, realizzazione e sperimentazione di nuove applicazioni per impianti connessi a rete e stand alone, lo studio, la progettazione e la sperimentazione di componenti e la caratterizzazione e il testing dei moduli. A tal fine l'ENEA ha realizzato l'area sperimentale di Monte Aquilone (Manfredonia, Foggia) dove è stato realizzato nel 1986 Delphos, il primo grande impianto PV italiano da 600 kW connesso a rete e destinato allo studio e all'analisi delle problematiche di interconnessione su rete nazionale. Negli ultimi anni l'impegno ENEA ha riguardato, in modo più mirato, lo sviluppo di quelle applicazioni ove le caratteristiche di modularità del fotovoltaico vengono ulteriormente valorizzate da fattori esterni al fotovoltaico stesso. È questo il caso dell'integrazione del fotovoltaico nell'edilizia, ritenuto un connubio molto interessante da diversi paesi per la possibilità di realizzare facciate, tetti e pensiline "fotovoltaiche". A tal fine l'ENEA ha avviato, fin dal 1996, un programma di sviluppo e dimostrazione di componenti e sistemi per l'edilizia. Per quanto riguarda la caratterizzazione vengono effettuate tutte le misure classiche indoor e outdoor e test di vita accelerati al fine di valutare le prestazioni dei moduli commerciali e di laboratorio.

Inoltre, l'ENEA ha contribuito alla gestione tecnica del Programma Tetti fotovoltaici svolgendo un piano di attività di accompagnamento e supporto al Programma stesso. A tal fine, l'ENEA ha studiato e definito, sulla base delle proprie e altrui esperienze, i requisiti tecnici e le prescrizioni relative agli impianti per la generazione distribuita e ha provveduto alla raccolta, analisi e pubblicazione dei dati di funzionamento di un campione di impianti realizzati nell'ambito del Programma e allo sviluppo di sistemi

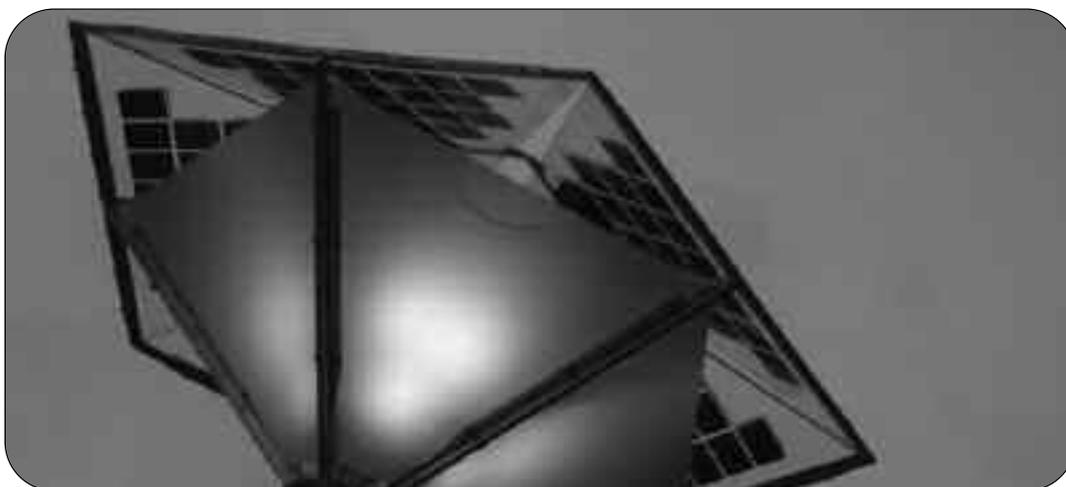


Figura 8 - Lampione Stapelia

dedicati per l'acquisizione e la trasmissione dei dati di esercizio. Questa attività viene ancora svolta per il monitoraggio degli impianti realizzati dalla Regione Lazio. Per quanto riguarda le applicazioni, recentemente è stato messo a punto il lampione fotovoltaico "Stapelia" (figura 8) ispirato alla forma stellata e pentagonale dell'omonimo fiore, studiato per andare incontro all'esigenza di impiego del fotovoltaico anche quando il pregio dei siti renderebbe arduo il suo inserimento.

Cinque moduli triangolari semitrasparenti per una potenza nominale di 128 Wp formano la corolla, innestata su uno stelo alto sei metri. L'illuminazione è affidata ad alcuni led inseriti in corrispondenza del pistillo centrale, che diffondono la luce su superfici opaline a formare un calice luminoso.

Inoltre, l'ENEA rappresenta l'Italia nell'Executive Committee dell'Implementing Agreement sul fotovoltaico (PVPS) e in quattro Task su sei attualmente attivi. La partecipazione all'Agreement assicura all'ENEA la costante informazione sugli sviluppi del fotovoltaico e sulle diverse iniziative nei settori della ricerca, sviluppo, dimostrazione e diffusione nei 20 paesi partecipanti, peraltro i più attivi nel settore. L'ENEA garantisce infine la partecipazione italiana al CENELEC, organismo internazionale per la preparazione di standard e normativa tecnica.

Tecnologie emergenti

Per quanto riguarda le tecnologie emergenti nell'ambito del Progetto TEFIS (Tecnologie Fotovoltaiche a Film Sottile) è stata sviluppata dall'ENEA la tecnologia di fabbricazione delle celle fotovoltaiche a base di silicio microcristallino su substrati di vetro, destinati all'integrazione negli edifici. Tale tecnologia è prossima alla commercializzazione in Giappone. Il silicio microcristallino è un materiale che, rispetto al silicio amorfo, ha caratteristiche strutturali tali da consentire la realizzazione di dispositivi fotovoltaici con un'efficienza stabile più elevata, conservando i vantaggi economici e tecnologici del silicio amorfo: produzioni di massa a basso costo, disponibilità delle materie prime, buona compatibilità ambientale. Le celle realizzate sono del tipo "micromorph", ossia dispositivi tandem con la cella inferiore di silicio microcristallino e con la superiore di silicio amorfo, ottenendo buoni risultati con la tecnica Very High Frequency PECVD, che permette elevate velocità di deposizione con conseguente riduzione dei tempi di lavorazione e quindi dei costi associati. Sono state ottenute celle con un'efficienza dell'11,3% utilizzando uno spessore degli strati attivi intrinseci della cella bottom e della top, rispettivamente, di circa 1,5 nm e di circa 300 nm, con una temperatura di processo di soli 150 °C, il che consente di contenere i consumi energetici di fabbricazione e, soprattutto, di considerare la possibilità di trasferire la tecnologia

sviluppata su substrati di tipo polimerico. I dispositivi sviluppati hanno dimostrato una buona stabilità all'esposizione alla luce, con un degrado dell'efficienza valutato inferiore al 10%. I risultati ottenuti sono in linea con quelli ottenuti dai laboratori europei e internazionali impegnati nello stesso campo (su area di $0,25 \text{ cm}^2$ è stata attribuita ai laboratori dell'Università di Neuchatel un'efficienza stabilizzata del 10,9%).

Infine, sono state recentemente avviate attività relative all'ossido rameoso (Cu_2O) in quanto materiale di basso costo e buona efficienza. Il processo di preparazione dei substrati di Cu_2O è sufficientemente ben sviluppato da permettere di indagare le problematiche connesse ai dispositivi. Le celle solari di tipo Schottky sono arrivate a un buon livello di efficienza e potranno essere usate come strumenti per studi di base sul materiale e sui dispositivi. Tuttavia non sembra particolarmente utile insistere sul miglioramento della loro efficienza che presenta dei limiti intrinseci apparentemente invalicabili. Le celle solari realizzate con eterogiunzioni sono il vero banco di prova del Cu_2O . Gli esperimenti finora condotti mostrano efficienze fino al 2% (record assoluto) realizzato depositando ZnO a temperatura ambiente su Cu_2O .

decisivo il prossimo millennio

Il posizionamento

La disponibilità di energia inesauribile, pulita, sicura e affidabile è uno dei prerequisiti per lo sviluppo di una società sostenibile. Per assicurare la sicurezza e la sostenibilità delle forniture energetiche è necessario diversificare gli approvvigionamenti ricorrendo a risorse di energia rinnovabile. L'Europa, insieme con i grandi paesi industrializzati, ha indicato il fotovoltaico quale tecnologia energetica di punta per il futuro. L'impiego su vasta scala del fotovoltaico è però un processo di lungo termine. Sebbene la tecnologia sia già oggi disponibile, richiede ancora ulteriori sviluppi, soprattutto per quanto riguarda i costi dell'energia prodotta. I benefici economici del settore commerciale della tecnologia fotovoltaica sono già stati dimostrati e hanno dato l'avvio ad una significativa competizione globale. Il prossimo decennio è considerato decisivo per la soluzione delle problematiche inerenti il fotovoltaico: partecipare alla competizione è qualificante per il livello tecnologico di un paese. La partecipazione è subordinata alla presenza di industrie a livello nazionale che operino su tecnologie commerciali integrate da attività di ricerca avanzate. Tutto ciò richiede un ambizioso e coerente programma di ricerca e sviluppo, incentivi al mercato, informazione e formazione, normative e regole chiare.

Tutte queste attività fanno parte del bagaglio culturale che l'ENEA ha accumulato negli ultimi venti anni:

- *Capacità di ricerca innovativa nei diversi settori anche complementari alla tecnologia fotovoltaica.* Le attività già avviate e inserite in realtà europee di ricerca sono uno dei punti di forza dell'ENEA che necessitano di un'azione di rinnovamento e slancio perché troppo a lungo trascurate nei piani strategici nazionali. In questa direzione l'Agenda Strategica Europea, messa a punto anche con il contributo italiano, potrà dare un significativo apporto all'individuazione di progetti che ci consentano di recuperare la leadership del settore che detenevamo negli anni 90. La capacità ENEA di integrare competenze diverse in un unico sforzo rappresenta l'elemento chiave di una nuova proposta.
- *Capacità di trasferimento delle competenze sviluppate.* È qui che l'ENEA può dare il contributo più rilevante: aprendo i propri laboratori a nuove imprese di settore per sviluppare insieme nuovi prodotti e processi, formando contemporaneamente tecnici qualificati in grado di sostenere una sfida imprenditoriale. Proprio nel settore industriale è stata aperta oggi in Italia la grande sfida alla competitività che dovrà essere giocata sul cam-

po dell'innovazione e della tecnologia. Nuove imprese fotovoltaiche possono trovare in ENEA competenze uniche e altamente specialistiche sulle tecnologie del silicio cristallino. La promozione di imprese tecnologicamente avanzate vede in primo piano non solo i Ministeri preposti, come da tradizione, ma anche le Regioni che sembrano pronte a subentrare nelle competenze che derivano loro dalla modifica del Titolo Quinto della Costituzione. È probabilmente a livello locale una nuova via da percorrere; l'ENEA, grazie alla sua presenza sul territorio, ha da sempre interagito con le realtà locali e ancora di più potrebbe farlo con tecnologie che sul territorio si sviluppano nell'ottica della valorizzazione della generazione distribuita e del consumo locale. È questo il paradigma su cui si basano le rinnovabili in genere, e il PV in particolare, che unisce concetti di localizzazione a esigenze territoriali: energia prodotta laddove viene utilizzata rispettando criteri di sostenibilità locale e valorizzazione del potenziale endogeno.

- *Capacità di formazione/informazione*. È oramai competenza consolidata che l'ENEA svolge a diversi livelli, sia all'interno dei laboratori, con la formazione scientifica di laureandi, dottorandi e borsisti, sia all'esterno con lezioni universitarie e specialistiche (master universitari) che con corsi di formazione per installatori, progettisti e collaudatori.
- *Capacità di 'lobbying'*. La ventennale esperienza nel ruolo di unico riferimento italiano nel fotovoltaico conferisce all'ENEA l'autorevolezza necessaria a creare rapidamente una "massa critica" con tutti gli attori italiani del settore, con cui da sempre intrattiene rapporti di collaborazione scientifica. Ciò è urgente e importante, per evitare che vengano disperse risorse economiche e umane in "rivoli" e iniziative frammentate o con scarse probabilità di successo.

Glossario

a-Si - Silicio amorfo, materiale semiconduttore a struttura amorfa
BOS - Balance of System, corrisponde alla parte non fotovoltaica di un impianto (Inverter, strutture, cavi, quadri di controllo)
CdTe - Telluriuro di Cadmio, semiconduttore composto
CIGS - Diseleniuro di Indio, Rame e Gallio, semiconduttore composto
c-Si - Silicio cristallino
CIS - Diseleniuro di Indio e Rame, semiconduttore composto
CVD - Chemical Vapour Deposition, tecnica di deposizione da fase vapore di materiali
LP-MOCVD - Low Pressure MethalOrganic Chemical Vapour Deposition, tecnica di deposizione da fase vapore di materiali
m-Si - Silicio monocristallino
PECVD - Pressure Enhanced Chemical Vapour Deposition, tecnica di deposizione da fase vapore di materiali solitamente amorfi o microcristallini
p-Si - Silicio policristallino
PV - Fotovoltaico
Ribbon - Silicio in nastri di spessore pari a circa 300 micron
SiC - Carburo di Silicio
SiN - Nitruro di Silicio
TCO - Transaprent Conductive Oxide, ossidi trasparenti conduttori
Wp - Watt di picco, unità di misura della potenza nominale di un impianto fotovoltaico misurata in condizioni standard

Per informazioni:
delillo@casaccia.enea.it



Intervista all'On. Umberto Guidoni, Parlamentare Europeo

A cura di Paola Batistoni

Laureato in Fisica, inizia la sua attività di ricercatore presso l'ENEA nel campo della fusione e successivamente dell'energia solare (1983). Nel 1984 si trasferisce all'Istituto di Fisica dello Spazio Interplanetario del CNR. Nel 1990 viene selezionato dall'Agenzia Spaziale Italiana per la prima missione del satellite Tethered e si trasferisce presso il Centro Astronauti del Johnson Space Center di Houston. È membro dell'equipaggio della missione STS-75, a bordo dello Space Shuttle Columbia, lanciato il 22 febbraio 1996. Nel 2001, con la missione STS-100, raggiunge a bordo dell'Endeavour, la Stazione Spaziale Internazionale, dove vengono portati il braccio meccanico Canadarm2 e il modulo logistico Raffaello.

Attualmente è deputato del Parlamento Europeo, eletto nel 2004 nel gruppo della Sinistra Unitaria Europea (GUE/NGL). È membro della Commissione per il Controllo dei Bilanci, della Commissione per l'Industria, la Ricerca e l'Energia (ITRE) e

supplente della Commissione per l'Ambiente, la Sanità pubblica e la Sicurezza alimentare (ENVI).

L'Unione Europea ha assunto di recente un'ampia strategia per rafforzare la competitività attraverso la ricerca e l'innovazione. Il Settimo Programma Quadro (7PQ) di ricerca, sviluppo tecnologico e dimostrazione, è parte integrante del quadro di azioni adottate per la crescita dell'economia, dell'occupazione e della sicurezza. Come nasce questo Piano?

In realtà, come indica il fatto che siamo alla settima edizione del Piano, l'Europa ha avviato da decenni uno sforzo di coordinamento della ricerca scientifica dei vari Stati membri. Le motivazioni storiche di questo sforzo sono diverse. Innanzitutto avviare un cammino di costruzione di una identità europea che andasse al di là di un accordo meramente economico di libera circolazione delle merci. Occorreva individuare dei campi nei quali si potesse dimostrare il valore aggiunto della dimensione europea e la ricerca scientifica ha, per sua natura, una vocazione alla collaborazione internazionale. Inoltre, si può immaginare che nel dover definire ambiti nei quali i paesi membri fossero disposti a rinunciare a parte della sovranità nazionale, la ricerca risultava un tema meno sensibile di altri, tanto per fare un esempio, della politica estera. C'è poi un problema di massa critica di alcuni progetti scientifici, caratteristici della ricerca moderna, per i quali la dimensione nazionale risultava assolutamente inadeguata. Una politica dello spazio, se vuole competere con gli Stati Uniti, può realizzarsi solo su scala europea, su questo non ci sono remore nazionali che tengano. Infine, l'affacciarsi sul mercato mondiali di giganti come Cina e India, hanno posto una sfida inedita sul piano della competitività dove, di nuovo, o si riesce a rispondere a livello continentale o si finisce ai margini.

Quali sono le priorità e le principali novità rispetto al 6PQ?

Due punti saltano all'occhio. Il primo è il Consiglio Europeo della Ricerca, lo strumento pensato per finanziare la ricerca fondamentale. Qui c'è stata un'importante correzione di rotta da una concezione della ricerca europea troppo "application oriented". È chiaro che i Programmi Quadro sono nati per aumentare la competitività dell'industria europea ma a un certo punto si era perso di vista che l'innovazione tecnologica, anche quella più orientata alle applicazioni industriali, può crescere e camminare solo sulla scia di una ricerca fondamentale robusta e diffusa, che permetta di avventurarsi in campi ancora inesplorati.

Secondo la battuta che circola a Bruxelles, Einstein non avrebbe mai avuto fondi dall'UE, almeno nell'ambito dei programmi quadro. Eppure senza la relatività generale non sarebbe possibile correggere gli effetti gravitazionali sulle misurazioni dei tempi, un procedimento di routine per raggiungere la precisione richiesta dai sistemi di navigazione satellitare. Ecco un esempio di come le applicazioni della scienza possano arrivare anche un secolo dopo la comprensione delle sue basi teoriche.

Altro elemento di novità è l'inserimento del tema "Spazio e Sicurezza" tra i dieci temi oggetto di cooperazione scientifica. Si tratta di un riconoscimento del fatto che lo spazio è divenuto un'area strategica in varie applicazioni, a cominciare dalle telecomunicazioni. È chiaro che l'Europa deve cercare di essere all'avanguardia in un campo così vitale.

Tra le nuove azioni che mirano a promuovere la ricerca in Europa, è in fase di discussione la costituzione di un *European Institute of Technology*, un centro di eccellenza di alto profilo, capace di attirare stu-

denti e ricercatori brillanti, e di far avanzare la ricerca in campi innovativi e interdisciplinari con potenziale impatto economico. Quale sarà la struttura e il modo di funzionamento di tale Istituto? Quale potrebbe essere il ruolo dell'Italia?

Questo è un tema delicato. Innanzitutto questa idea non fa parte della proposta del 7PQ, comunque non nella sua prima formulazione. Infatti, mentre per tutti gli aspetti si può ricostruire un percorso di esperienze ed elaborazioni che hanno dato vita alla formulazione del Piano attuale, la proposta dell'Istituto Tecnologico è nata improvvisamente ed è del tutto laterale. Capisco le motivazioni che sono alla base di questa proposta, cercare di realizzare una sorta di MIT europeo, ma occorre stare attenti a trapiantare meccanicamente soluzioni sviluppate in contesti molto diversi. Noi stessi in Italia siamo stati testimoni di un esperimento analogo, l'Istituto Tecnologico di Genova, che a tutt'oggi non ha ancora prodotto risultati. In ogni caso, il Parlamento Europeo, attraverso una lettera del Presidente della Commissione Ricerca e Industria (ITRE), ha chiesto alla Commissione garanzie che gli eventuali fondi per questo istituto non vengano sottratti al 7PQ.

Nel 7PQ viene sottolineata l'importanza del potenziale umano con l'adozione di un'azione specifica, *Persone*, che ha l'obiettivo di accrescere le prospettive di formazione e di carriera per i ricercatori. Come pensa che si possano superare le attuali disuguaglianze al riguardo tra gli Stati membri, e realizzare un mercato europeo per ricercatori aperto, unico e attraente? In particolare, come può l'Italia invertire l'attuale tendenza alla fuoriuscita di cervelli?

Le iniziative per la mobilità dei ricercatori sono state un successo del passato PQ e la

Commissione ha deciso di potenziarle. I fondi per le cosiddette azioni Marie Curie, quelle per la mobilità dei ricercatori, sono stati aumentati ed estesi anche all'industria privata. In parallelo, la Carta dei Ricercatori è stato un passo per definire uno *status* unico dei ricercatori che abbatta gli ostacoli a quella mobilità che è intrinseca al lavoro di ricerca. Rimane ancora molto da fare. Ad esempio un brillante ricercatore non europeo riesce più facilmente a lavorare negli Stati Uniti che non in Europa, se non altro per problemi burocratici. Una società avanzata, basata sulla conoscenza, come quella definita dalla strategia di Lisbona, non può permettere ostacoli alla libera circolazione dei ricercatori.

Il 6PQ ha evidenziato che gli strumenti messi a disposizione delle PMI erano poco adeguati o di difficile accesso, come indicato dal fatto che la partecipazione delle PMI è diminuita rispetto al PQ precedente. Come si pensa di superare questo problema, visto che le PMI costituiscono una parte rilevante del sistema produttivo, soprattutto in Italia?

È vero, il problema di un maggiore coinvolgimento delle PMI nel PQ rimane un problema aperto. Nel 6PQ si è tentato di risolverlo utilizzando un sistema di quote, ovvero si era stabilito che in un consorzio dovesse essere presente almeno una certa percentuale di PMI, ma lo strumento si è rivelato inefficace. Spesso i coordinatori dei consorzi chiamavano le PMI a partecipare al momento della domanda per poi relegarle ad un ruolo del tutto marginale. Lo sforzo nel 7PQ dovrebbe essere quello di costruire linee di ricerca che siano più vicine agli interessi delle PMI in modo che siano esse stesse a farsi promotrici e coordinatrici di eventuali consorzi. A tale riguardo sono riuscito a far approvare un emendamento che favorisce le PMI, ad esempio con bandi che abbiano una soglia economica bassa in maniera tale da

risultare di fatto appetibili solo per le piccole aziende. L'auspicata semplificazione amministrativa dovrebbe poi dare un ulteriore aiuto perché tempi di istruttoria troppo lunghi per le domande scoraggiano le strutture piccole e con risorse limitate.

Quali potrebbero essere le strategie e le azioni da assumere per migliorare la qualità della partecipazione e il tasso di successo degli organismi italiani nel 7PQ?

Innanzitutto coordinamento. La qualità della presenza italiana a Bruxelles, e in Europa in generale, sta crescendo ma, come già sottolineato in molte sedi, c'è ancora della strada da fare. La presenza parlamentare, ad esempio, non ha pianificazione e continuità, a differenza di quella tedesca o francese, ed è considerata di secondo piano rispetto a quella nazionale. Gli uffici italiani di rappresentanza presenti a Bruxelles non hanno adeguati momenti di confronto e di coordinamento con le iniziative dei rappresentanti italiani al Parlamento Europeo. Di recente abbiamo discusso in Parlamento con il ministro Bonino di tutto questo e in particolare del ruolo importante che la rappresentanza permanente del governo a Bruxelles è chiamata a svolgere.

Inoltre, bisognerebbe giocare d'anticipo sulle priorità europee, per esempio allocando risorse a livello nazionale per far crescere quelle aree di eccellenza che possono essere competitive poi nel contesto europeo. Ma tutto questo significa informazione, pianificazione, coinvolgimento. Siamo in difficoltà perché la cornice europea è ancora poco presente nelle decisioni della classe dirigente italiana, in particolare quella politica. C'è bisogno urgente di una inversione di rotta per far aumentare il peso del nostro Paese dentro le istituzioni europee. Credo che questo farebbe bene anche all'Europa.

Il Libro Verde sull'Energia, pubblicato alcuni mesi fa e attualmente in fase di di-

scussione, individua, tra le altre azioni, il miglioramento dell'efficienza energetica negli usi finali come opzione prioritaria. Tuttavia, ci sono segnali che sembrano indicare un diverso orientamento delle istituzioni europee su questo punto. Cosa può dirci al riguardo e qual' è il suo punto di vista in merito alla strategia da adottare per conseguire gli obiettivi di crescita economica e salvaguardia ambientale?

Non so bene a quali segnali stia pensando. È chiaro che la questione energia è diventata talmente importante che l'Europa gioca su questo la sua identità e il suo futuro. Se insistiamo su soluzioni nazionali, la crisi dell'Europa potrebbe non avere vie di ritorno. Viceversa, la strategia di Lisbona mantiene tutta la sua attualità proprio nel tentare di risolvere la crisi energetica attuale. La limitatezza delle risorse energetiche, l'ingresso di oltre 2 miliardi di persone alla soglia dello standard occidentale di vita e la sfida dei cambiamenti climatici pongono limiti inediti allo sviluppo. La risposta a questa sfida è un grande investimento in ricerca e innovazione tecnologica che faccia da traino per una competitività basata non sui bassi salari ma sul contenuto tecnologico dei prodotti. Un modo per garantire sviluppo e benessere senza imporre ulteriori ferite all'equilibrio del nostro pianeta. A questo non c'è alternativa e l'Europa può legittimamente assumere la *leadership* di questo percorso attraverso scelte politiche coerenti.

Tutti i principali "osservatori" internazionali delle dinamiche energetiche concordano nel prevedere un massiccio impiego di fonti fossili per molti decenni ancora per soddisfare le crescenti necessità energetiche mondiali, con particolare riferimento a potenze economiche emergenti come Cina e India ed alle legittime aspirazioni dei paesi in via di sviluppo. Quali iniziative e quali linee guida intende adottare l'Unione Europea per favorire lo

sviluppo e la penetrazione commerciale di tecnologie che rendano tali combustibili "compatibili" con gli impegni di Kyoto?

L'UE, proprio per l'intrinseca limitatezza di risorse proprie, ha un atteggiamento aperto e io stesso ritengo che debba proseguire uno sforzo di ricerca a largo spettro. Il Parlamento Europeo, attraverso un emendamento di cui anche io mi sono fatto promotore, ha chiesto che nei fondi destinati alla ricerca energetica, almeno due terzi fossero destinati alla ricerca nel campo delle energie rinnovabili. È probabile che un vincolo così stringente non verrà accettato dalla Commissione proprio per dare spazio, ad esempio, a ricerche come quelle sul carbone pulito. L'importante è che si mantenga la barra verso una transizione energetica non subita, ma governata secondo le priorità del Libro Verde.

Ritiene credibile uno scenario energetico che veda come obiettivo di lungo periodo (2050) un'economia dominata o comunque orientata all'idrogeno come vettore energetico, e quali azioni l'Unione Europea intende porre in essere per consentire il rispetto di tale "roadmap" energetica?

Innanzitutto nel 7PQ esiste una piattaforma tecnologica dell'idrogeno. Ricordo che una piattaforma tecnologica è un'aggregazione spontanea di attori industriali che si impegnano a cooperare per sviluppare insieme progetti di ricerca. Si sta discutendo la *roadmap* di questa piattaforma, ma credo che ci sia ancora del lavoro da fare. Non nascondo di guardare personalmente con molto interesse a questo lavoro e spesso mi sono trovato a fianco del prof. Rifkin nel sostenere la sua visione di una società basata su una generazione diffusa dell'energia che trovi nell'idrogeno il suo vettore energetico. Si tratta di un grande progetto capace di muovere in avanti la società rendendola, al tempo stesso, più demo-

cratica e partecipata. Non c'è bisogno di ricordare i costi che oggi vengono pagati, ad esempio in termini di instabilità e di tensioni internazionali, per un modello di produzione di energia centralizzato e perciò con grosse concentrazioni di risorse economiche e di potere. L'idrogeno verde, ovvero la produzione di idrogeno basato sulle rinnovabili, potrebbe rappresentare il cuore di uno sviluppo sostenibile, in un pianeta libero dalle guerre per il controllo delle fonti strategiche. L'UE deve esplorare fino in fondo questa opzione per uscire dall'era del petrolio.

Sebbene l'energia nucleare sia uno degli elementi nel dibattito sulla lotta contro il cambiamento climatico e sull'autonomia energetica, il suo futuro in Europa appare incerto. L'UE, attraverso il trattato Euratom, è tuttavia impegnata nella soluzione al problema dei residui, nel rafforzamento della sicurezza nucleare e nello sviluppo della ricerca sui reattori del futuro. Recentemente la Commissione Europea è entrata a far parte della collaborazione internazionale per la ricerca e sviluppo dei reattori di IV Generazione. Inoltre, attraverso l'accordo sul progetto internazionale ITER, è impegnata in modo deciso nello sviluppo del reattore a fusione nucleare. Quale sarà, a suo parere, il ruolo del nucleare in futuro in Europa?

Qualunque scenario a medio termine che guarda al futuro energetico del pianeta, in particolare dell'Europa, non potrà non avere una certa quota di nucleare. Quanto questa quota sarà rilevante dipende dalla evoluzione tecnologica negli altri settori energetici. Nel quadro di una domanda sempre crescente di energia e di un indispensabile controllo delle emissioni, il nucleare coprirà lo spazio che rimarrà scoperto da un insufficiente impegno nell'efficienza energetica e nella evoluzione delle rinnovabili. Non deve sfuggire però che gli alti costi di investimento degli impianti ed i problemi irrisolti, con-

nessi alle scorie radioattive e al "decommissioning", hanno sin qui consigliato molta prudenza nei confronti dell'opzione nucleare, anche lì dove non c'è stato un referendum. Un discorso a parte merita il progetto ITER che dovrebbe realizzare il prototipo del reattore a fusione, un impianto per mettere a punto quelle complesse tecnologie necessarie per imbrigliare l'energia del sole. Come relatore del programma Euratom per il 7PQ ho avuto modo di seguire in dettaglio l'elaborazione delle istituzioni europee su questo tema. Si è trattato di un lavoro impegnativo che dal punto di vista italiano lascia aperte molte sfide. ITER è una grande opportunità per tutti ma perché lo sia anche per il nostro Paese, in maniera congrua con la grande tradizione italiana di ricerca in questo settore e con il nostro contributo finanziario, c'è ancora da lavorare. Il ruolo disegnato per noi è troppo angusto, certo dobbiamo recuperare terreno con una proposta forte, credibile e condivisa sul piano internazionale.

Anche nel caso che fosse efficacemente attuato al 2012, il Protocollo di Kyoto non risolverebbe il problema dei cambiamenti climatici. Al contrario, diventa sempre più urgente l'attuazione della cosiddetta strategia di adattamento, che mira ad affrontare il rischio dei cambiamenti climatici attraverso la prevenzione dei possibili effetti negativi e la minimizzazione dei danni indotti dai cambiamenti del clima. L'UE è concentrata su direttive per la riduzione delle emissioni e l'attuazione del Protocollo di Kyoto. Che cosa intende fare sul versante della strategia di adattamento?

Nelle audizioni di esperti che il Parlamento ha fatto su questo tema sono emersi dati inconfutabili sui diversi e ripetuti effetti negativi legati ai cambiamenti climatici. La Commissione non ha oggi un piano specifico su questo fronte innanzitutto perché l'Europa è stata finora principalmente impegnata nel mettere in atto politiche ambientali tese a

rispettare questi accordi. D'altra parte il Protocollo di Kyoto è inadeguato anche perché paesi importanti come Stati Uniti e Australia non vi hanno aderito. Comunque, per tornare alla sua domanda, attualmente non c'è un piano specifico europeo anche se è diffusa la sensazione che con i cambiamenti climatici dovremo imparare a convivere nei prossimi decenni.

L'Italia è fortemente impegnata nelle grandi sfide per l'esplorazione spaziale, con la partecipazione a progetti internazionali, quali ad esempio, la Stazione Spaziale Internazionale e il progetto Moon Base, la base lunare permanentemente abitata, a cui stanno lavorando l'Italia e gli Stati Uniti. Quali prospettive vi sono a suo parere per l'industria aerospaziale nazionale e per le istituzioni di ricerca italiane?

L'Italia è un partner storico dei progetti europei in campo spaziale e ha collaborato in progetti bilaterali con la NASA. Basti pensare ai 3 moduli logistici sulla stazione spaziale che sono stati progettati e costruiti in Italia. D'altra parte negli ultimi anni il nostro Paese ha perso posizioni come si vede dal diminuito peso specifico dell'industria nazionale in campo europeo anche a causa della diminuzione delle commesse dell'ASI (Agenzia Spaziale Italiana). Si sente l'esigenza di un piano di rilancio del settore spaziale per non disperdere un patrimonio di competenze nel settore e per ripristinare una capacità produttiva ora ridotta, ma ancora presente. Certamente l'ASI può e deve svolgere un ruolo chiave attraverso l'elaborazione di un piano spaziale nazionale che sappia rispondere anche alle priorità stabilite dall'Europa.

Infine, lei ha iniziato la sua carriera di ricercatore all' ENEA, prima nel Program-

ma Fusione e poi nel campo dell'energia solare. Quale ricordo serba di quell'esperienza? A suo parere, quali sono le prospettive oggi per il nostro Ente per una maggiore partecipazione ai programmi europei?

Il ricordo dei laboratori di Frascati è particolarmente positivo. Ho iniziato lì con una borsa di studio la mia carriera scientifica. Lavoravo al "Plasma Focus" un dispositivo a plasma caratterizzato da una grande emissione di neutroni. Ricordo un ambiente intellettualmente vivace che offriva quella formazione professionale che qualunque fisico cerca subito dopo la laurea. In Casaccia invece arrivai per lavorare nel campo del solare fotovoltaico, in un laboratorio che era all'inizio delle attività e che lasciai prima di poter raggiungere risultati apprezzabili. In generale, il mio legame con l'ENEA è rimasto forte, anche per i molti colleghi con i quali sono rimasto in contatto.

Prima di parlare del ruolo in Europa, credo sia importante identificare quale debba essere la "mission" dell'ENEA in Italia. Come nel campo spaziale, è necessario elaborare una nuova politica energetica per il paese e credo che l'ENEA abbia il "know how", le risorse umane e le infrastrutture necessarie per svolgere il ruolo di ente di riferimento. Nel rilanciare la progettualità dell'ente non bisogna dimenticare la cornice europea e la necessità di collegare l'azione nazionale con quella a livello comunitario, in un processo di integrazione che vede l'Europa in prima linea nel settore dell'energia rinnovabile e del risparmio energetico. Nel settore Euratom c'è bisogno di ridare attualità al contributo italiano sulla fusione: come relatore sui programmi specifici dell'Euratom (nell'ambito del 7PQ) ho cercato di dare un contributo in questa direzione e continuerò a farlo.

Per informazioni:
batistoni@frascati.enea.it

La gestione dei rifiuti urbani



Riflettore su

Per il recupero e lo smaltimento dei rifiuti urbani è oggi disponibile un ventaglio di tecniche provate, affidabili e ambientalmente compatibili che permettono di conseguire risparmi di risorse e riduzione di emissioni globali nocive. Sul tema presentiamo quattro contributi di approfondimento che ne illustrano le tecnologie, gli indirizzi comunitari, il quadro di azioni nazionali e il contributo per il raggiungimento degli obiettivi di Kyoto

Urban waste management

Many proven, reliable and eco-friendly methods available today for exploiting and disposing of urban waste make it possible to save resources and lower global emissions of harmful gases. On this subject we publish four articles describing technologies, EU policies, Italy's action plans and the results of the nation's efforts to achieve the Kyoto targets

Recupero energetico da rifiuti urbani in Italia

In occasione dell'Workshop "Per una gestione integrata e sostenibile dei rifiuti in Italia", organizzato dall'ENEA insieme a Federambiente, il 26 ottobre 2006, è stato presentato il Rapporto sul recupero energetico da rifiuti urbani in Italia.

Il settore dei trattamenti termici dei rifiuti, ha evidenziato il Prof. Luigi Paganetto, Commissario straordinario dell'ENEA, ha subito cambiamenti radicali dal punto di vista tecnologico e normativo; l'impiantistica di ultima generazione pur mantenendo la funzione primaria di smaltimento di rifiuti, ha elevato questa opzione al rango di vera tecnica di recupero di risorse, raggiungendo la piena compatibilità ambientale. In questo contesto ENEA e Federambiente, che hanno maturato significative competenze tecnico-scientifiche nel trattamento e recupero dei rifiuti, ha continuato Paganetto, hanno realizzato questo strumento di consultazione per decisori politici e per tutti gli operatori del settore che costituisce un'indagine sull'attuale parco nazionale degli impianti di recupero energetico da rifiuti di origine urbana per fornire un supporto informativo a coloro che devono affrontare decisioni relative alla localizzazione, realizzazione ed esercizio degli impianti di recupero energetico da rifiuti.

Il Rapporto verrà aggiornato periodicamente con l'obiettivo di cogliere tutti gli elementi evolutivi del settore, estendendo la collaborazione anche ad altri operatori; l'indagine verrà ampliata con l'inclusione di altri ambiti del trattamento e del recupero di rifiuti urbani, come gli impianti di compostaggio e di produzione di combustibili derivati da rifiuti e, più in generale, dei trattamenti di tipo meccanico-biologico finalizzati al recupero di materia ed energia.

Indagine ENEA-Federambiente

La produzione di rifiuti urbani nel nostro Paese è in continuo aumento; in quattro anni (dal 2001 al 2004) essa è aumentata del 6%, attestandosi (2004) a circa 31 milioni di tonnellate (533 kg pro capite). È fondamentale, in un contesto di attuazione di un sistema integrato di gestione coerente con i principi dello sviluppo sostenibile, che questi enormi quantitativi siano sottratti al circuito dello smaltimento, a favore del recupero e del riutilizzo (di materia ed energia) limitando l'interramento in discarica controllata solo a quelle frazioni residuali non recuperabili. Tra le varie tecniche di gestione un ruolo fondamentale compete sicuramente al recupero energetico dei rifiuti, settore che in poco più di un decennio ha subito cambiamenti radicali dal punto di vista tecnologico e normativo, che hanno interessato sia i sistemi di combustione sia quelli di contenimento delle emissioni gassose, e che hanno portato a differenziare nettamente gli impianti di ultima generazione da quelle apparecchiature del passato, aventi come unica funzione quella di distruggere dei rifiuti putrescibili e potenzialmente pericolosi. ENEA e Federambiente hanno voluto realizzare uno strumento di consultazione per gli operatori del settore: istituzioni, tecnici, amministrazioni, imprenditori, cittadini ecc., che costituisce una raccolta esaustiva di dati attendibili sull'impiantistica di trattamento disponibile a livello nazionale, utile a delineare ipotesi e scenari per la chiusura del ciclo integrato di gestione dei rifiuti che siano condivisibili ed efficaci. L'indagine ha messo in evidenza che il mercato del recupero energetico a livello nazionale è in costante progresso, in linea con quanto accade a livello europeo. Oltre all'aumento dei quantitativi di rifiuti trattati si riscontra un più marcato incremento del recupero energetico, in particolare per l'energia elettrica ed anche il recupero dei residui di trattamento è in fase di sviluppo. Le emissioni gassose, alla luce degli sviluppi normativi e dell'evol-

luzione tecnologica, si sono notevolmente ridotte in termini quantitativi rispetto al passato, soprattutto per quanto riguarda l'aspetto dei microinquinanti organici ed inorganici. Il recupero energetico da rifiuti si sta quindi evolvendo in linea con gli obiettivi della "sostenibilità", perché permette di risparmiare in maniera significativa risorse non rinnovabili e, al tempo stesso, di contenere le emissioni di inquinanti e di gas con effetto serra. Gli impianti di ultima generazione sono complementari ad altre forme di trattamento e valorizzazione alla base di un sistema integrato ed ottimizzato di gestione dei rifiuti.

I risultati dell'indagine in sintesi

A fine 2005 erano operativi sul territorio nazionale 52 impianti, con una capacità di trattamento complessiva pari a circa 17.000 t/giorno.

- La maggior parte degli impianti censiti (34 su 52) ha una capacità di trattamento non superiore alle 300 t/giorno, mentre la capacità media su base annua risulta pari a circa 105.000 tonnellate.
- Nel 2004 sono stati trattati circa 4,2 milioni di tonnellate di rifiuti costituiti principalmente da rifiuti urbani residui (65%), da flussi (21%) da essi derivati (frazione secca, CDR) tramite trattamenti di tipo meccanico-biologico e, in misura minore, da rifiuti speciali (14%); il quantitativo complessivo di rifiuti di origine urbana è stato pari a circa 3,64 milioni di tonnellate, corrispondente all'11,7% della produzione totale.
- L'apparecchiatura di combustione di più larga diffusione è costituita dai combustori a griglia che rappresentano circa l'80 % in termini di linee installate e circa l'83% in termini di capacità di trattamento; il combustore a letto fluido copre invece circa il 15% sia in termini di linee installate che di capacità, mentre il forno a tamburo rotante svolge un ruolo marginale.
- Il recupero energetico viene effettuato nella quasi totalità degli impianti (49 su 52) e prevede in tutti i casi la produzione di energia elettrica. In soli 8 impianti, tutti situati nel Nord Italia, è prevista la produzione combinata di energia elettrica e termica su base stagionale. Dall'esame dei dati degli ultimi anni si rileva un incremento significativo per la produzione di energia elettrica, mentre la produzione di energia termica rimane pressoché costante.
- Per quanto riguarda il trattamento dei fumi finalizzato alla rimozione delle polveri e dei gas acidi si rileva che il sistema maggiormente impiegato è quello di tipo "a secco" (iniezione di reagente in polvere costituito da calce o bicarbonato di sodio), che copre circa il 50% della capacità totale di trattamento. Sono in aumento i trattamenti di tipo "multistadio" (costituiti dalla combinazione in serie di più tecniche di trattamento), presenti soprattutto negli impianti di recente costruzione.
- In tema di controllo degli ossidi azoto, si rileva che la riduzione selettiva non catalitica in camera di combustione è di gran lunga il sistema più utilizzato; il sistema catalitico (SCR) è presente in 9 impianti, quasi tutti di recente costruzione.
- Il controllo dei microinquinanti organici ed inorganici viene effettuato tramite assorbimento su carboni attivi, di norma iniettati assieme al reagente alcalino. Inoltre 4 impianti effettuano il monitoraggio in continuo del mercurio e 4 impianti effettuano il campionamento in continuo delle diossine.
- In termini di emissioni in atmosfera tutti gli impianti rispettano i valori limite previsti dalla normativa pro-tempore vigente (DM 503/97 al momento dell'indagine), salvo rare eccezioni assoggettate alle disposizioni emanate dell'Autorità Locale competente.
- Dal trattamento termico dei rifiuti sono state prodotte nell'anno 2004 circa 800.000 tonnellate di scorie e circa 200.000 tonnellate di residui dal trattamento dei fumi, questi ultimi quasi tutti smaltiti in discarica. Per quanto concerne le scorie, invece, si registra una tendenza allo sviluppo del recupero, anche se la maggior parte di esse (circa l'80%) è ancora smaltita in discarica.

La gestione dei rifiuti urbani: tecniche e risvolti ambientali

PASQUALE DE STEFANIS, MAURIZIO CORONIDI,
VITO IABONI

ENEA, Dipartimento Ambiente, Cambiamenti globali e Sviluppo sostenibile

Il presente lavoro analizza lo stato dell'arte delle tecniche di trattamento e smaltimento dei rifiuti urbani (RU) "residui", vale a dire della frazione raccolta in modo indifferenziato, che rimane a valle delle operazioni di raccolta differenziata, finalizzate al riciclo e al recupero di materiali.

Le tecniche più comunemente adottate, alla luce dell'ampia esperienza maturata che ha consentito di individuare i processi e le tecnologie più idonei per limitare l'impatto sull'ambiente e contenere i costi della loro applicazione a livelli accettabili, sono costituite dai trattamenti di tipo meccanico-biologico, finalizzati sia alla sola stabilizzazione della frazione putrescibile, sia alla produzione di un ammendante organico (compost) o di combustibili derivati da rifiuti e, infine, la combustione di questi ultimi, o direttamente dei RU residui, con recupero di energia. Altre tecniche di trattamento, quali la gassificazione e la digestione anaerobica sono oggetto di una certa attenzione, anche se per esse non sono state ancora definite compiutamente l'economicità e, soprattutto, l'affidabilità tecnico-ambientale. Esse risultano attualmente ancora in una fase sperimentale, che si sta concretizzando nella realizzazione di alcuni impianti dimostrativi a livello industriale.

È opportuno sottolineare che l'applicazione delle tecniche che verranno descritte, cui verrà associata una breve analisi dei risvolti ambientali connessi con il loro impiego, è circoscritta all'ultimo anello del ciclo di gestione dei rifiuti che prevede, a monte, altre fasi, tra le quali la minimizzazione della produzione, ottenibile

tramite miglioramenti dei cicli produttivi dei beni, modifiche dei sistemi di imballaggio e distribuzione, mutamenti comportamentali del cittadino-consumatore ecc.. La raccolta differenziata è un'ulteriore fase del ciclo che va assumendo una crescente importanza, anche se presenta alcuni limiti legati ai problemi logistici ed ai costi associati con il suo sviluppo, nonché alla capacità di assorbimento dei mercati di sbocco dei flussi raccolti. Essa risulta propedeutica al riciclo di materiali in cicli produttivi, pratica che consente di conseguire vantaggi sia in termini di risparmio di risorse, sia di emissioni di inquinanti e di gas con effetto serra connesse con l'estrazione e la trasformazione di materie prime.

I trattamenti

I trattamenti di tipo meccanico-biologico

I trattamenti di tipo meccanico-biologico sono finalizzati a stabilizzare la frazione putrescibile dei RU mediante l'azione di microrganismi (batteri, funghi, attinomiceti) che si accompagnano normalmente o che vengono inoculati allo scopo nella massa del materiale da trattare.

Il processo di stabilizzazione può essere condotto sia in condizioni aerobiche (cioè in presenza di ossigeno) dando luogo al trattamento di "compostaggio", sia in condizioni anaerobiche (assenza di ossigeno) dando luogo al processo meglio conosciuto con il nome di "digestione anaerobica".

Il *compostaggio*, nato come tecnica di trattamento, recupero e smaltimento dei RU e successivamente estesa ad altre tipologie di rifiuti (fanghi di depurazione, residui organici animali e vegetali, quali mercati, verde pubblico, scarti agro-alimentari ecc.) comporta la trasformazione della sostanza organica da composti complessi a composti più semplici a più basso

peso molecolare, con conseguente formazione di anidride carbonica e di acqua. Le reazioni di compostaggio sono complessivamente esotermiche, cioè avvengono con sviluppo di calore, e danno luogo ad un aumento della temperatura sino a 60-70 °C, garantendo caratteristiche di igienicità al prodotto finale in quanto risulta eliminata la maggior parte dei microrganismi patogeni e dei parassiti dannosi per l'uomo, gli animali e le piante. Il prodotto finale può trovare impiego in agricoltura e/o floricoltura come ammendante organico per compensare l'eventuale carenza di sostanza organica dei terreni. Schematicamente il trattamento di compostaggio è costituito da tre distinte fasi di lavorazione:

- (eventuale) pretrattamento meccanico, necessario alla selezione della frazione a matrice organica¹;
- omogeneizzazione e riduzione delle dimensioni della frazione separata;
- fermentazione biologica.

Un impianto di compostaggio risulta pertanto costituito dalle seguenti sezioni:

- ricezione e alimentazione dei rifiuti;
- triturazione e vagliatura, con separazione della frazione umida ricca in materiale organico;
- separazione dei metalli ferrosi e non ferrosi;
- fasi di trattamento biologico (fermentazione e maturazione);
- raffinazione finale, con eventuali formatura (es. pelletizzazione) e insaccamento.

Allo stato attuale esistono diverse tecnologie di compostaggio; ciascuna di esse si caratterizza soprattutto per le differenti con-

dizioni di esercizio delle sezioni di pretrattamento dei rifiuti (triturazione, vagliatura ecc.) e di quelle di fermentazione biologica, realizzata in bacini fissi con rivoltamento automatico, container ("celle") ecc..

In alternativa ai trattamenti di compostaggio, può essere impiegato il processo di *digestione anaerobica* che dà luogo, oltre alla produzione di una sostanza organica stabilizzata, ad un recupero di una frazione gassosa combustibile ("biogas"). Il processo risulta essere del tutto simile a quello che avviene in una discarica controllata all'interno degli ammassi di rifiuti coperti e compattati nei quali si instaurano condizioni di anaerobiosi. Rispetto alla discarica il processo viene condotto all'interno di recipienti chiusi ("digestori"), in condizioni accelerate e controllate che consentono di recuperare più efficacemente il biogas prodotto.

Il trattamento anaerobico viene condotto, di norma, con concentrazioni di solidi totali nei digestori piuttosto elevate, in grado di operare con uno "slurry" al 20-40% di sostanza secca ("dry-fermentation") ottenuto dalla frazione organica raccolta separatamente o separata dai RU tramite opportuni trattamenti (triturazione, deferrizzazione e vagliatura). Ciò consente di ridurre i volumi di reazione e di risparmiare energia per il riscaldamento dei reattori e la disidratazione del materiale digerito; per contro, ne deriva un consumo energetico maggiore per l'alimentazione dei solidi al digestore.

Gli impianti funzionano di norma con tempi di ritenzione di 15-25 giorni dando luogo ad una produzione di biogas stimabile in circa 150 m³ per tonnellata di rifiuto organico alimentato. Il residuo solido viene quindi fatto "maturare" in condizioni aereo-

¹ Occorre precisare che, contrariamente a quanto avvenuto in passato, la tendenza attuale è quella di operare su frazioni organiche raccolte separatamente, al fine di garantire livelli qualitativi accettabili per il prodotto finale. Le fasi di lavorazione, se si eccettua la selezione iniziale secco/umido, restano sostanzialmente le stesse, con eventuale riduzione dei tempi legati alla maturazione e l'assenza di una raffinazione finale qualora lo scopo principale sia la sola stabilizzazione biologica del rifiuto.

biche e previo trattamento di raffinazione, può trovare impiego come ammendante organico.

Produzione di combustibili derivati

La tecnica della *produzione di un combustibile derivato da rifiuti (CDR)* si è sviluppata, in alternativa alla combustione dei RU indifferenziati, principalmente a causa:

- della notevole ostilità che l'opinione pubblica nutre nei confronti dei sistemi di combustione dei RU residui (ossia l'incenerimento del rifiuto urbano "tal quale");
- dell'impossibilità di garantire sempre e ovunque la convenienza economica di impianti di recupero energetico da RU residui.

Attualmente anche a livello europeo si registra un certo interesse verso la produzione di combustibili di recupero (i cosiddetti "solid recovered fuels", SRF) prodotti principalmente da raccolta separata di frazioni combustibili di beni di consumo e di rifiuti speciali di origine commerciale e/o industriale. Tale interesse è volto ad accertare le possibilità di sostituire parzialmente il carbone sia nei processi per la produzione di cemento, sia in impianti di produzione di energia, soprattutto di medio-bassa potenzialità.

Un impianto di produzione di CDR è in genere costituito da una sezione di preselezione dei RU e da una successiva sezione di preparazione, eventualmente completata da una fase di raffinazione e arricchimento del CDR.

La preselezione costituisce la fase in cui il rifiuto viene sottoposto a trattamenti di frantumazione, deferrizzazione e vagliatura primaria per la separazione grossolana della frazione a matrice prevalentemente organica.

Mentre la parte organica può essere poi inviata ad una eventuale linea di compostaggio, la frazione combustibile raggiun-

ge la sezione di produzione di CDR, ove subisce un'ulteriore separazione aerodinamica per il recupero delle frazioni leggere, che viene di nuovo triturrata in modo da ridurre la pezzatura fino a 30-50 mm. Essa rappresenta la parte a più elevato potere calorifico dei RU e può essere utilizzata tal quale (CDR sfuso o cosiddetto "fluff") o essere ulteriormente addensata o formata (pelletts, cubetti ecc.).

Attualmente, sono due le possibilità di impiego di questo materiale:

- sfuso e/o addensato, per la combustione in impianti industriali (cementifici, acciaierie, centrali termoelettriche ecc.) o in impianti dedicati a griglia o a letto fluido;
- formato, per la co-combustione con carbone o in combustori a letto fluido bollente o circolante.

I trattamenti termici

Le tecnologie di trattamento termico dei RU, finalizzate al recupero di energia, si basano principalmente su processi di combustione che utilizzano forni di diversa tipologia. La *combustione*, come processo di trattamento dei RU residui, della frazione secca (cioè della parte ricca di materiali combustibili che deriva dalla selezione meccanica dei RU), ovvero del CDR, presenta i seguenti vantaggi:

- notevole flessibilità d'impiego;
- limitato fabbisogno di aree d'impianto;
- produzione di residui (scorie e ceneri) corrispondenti a circa il 10% del volume iniziale dei rifiuti;
- recupero di energia sia termica che elettrica.

Per quanto riguarda la combustione dei RU, le apparecchiature di più largo impiego sono costituite da:

- i forni a griglia, adatti per rifiuti indifferenziati o per sovvalli, che hanno raggiun-

to una diffusa applicazione, in conseguenza della notevole flessibilità d'esercizio e del buon grado di affidabilità;

- i forni a tamburo rotante, utilizzati anch'essi per rifiuti indifferenziati, che hanno avuto scarsa applicazione nel caso di RU, principalmente a causa sia dei costi di investimento e di esercizio, sia per ragioni tecniche legate al limitato rendimento di combustione;
- i forni a letto fluido, del tipo bollente o circolante, adatti in particolare modo per le frazioni dei RU e assimilabili a più elevato potere calorifico (CDR, rifiuti speciali di origine industriale ecc.).

La normativa vigente e la convenienza economica suggeriscono l'adozione di sistemi di recupero energetico attraverso:

- la produzione di sola energia termica (vapore e/o acqua calda);
- la produzione di sola energia elettrica;
- la produzione combinata di energia termica ed elettrica ("cogenerazione").

Dalla combustione di una tonnellata di RU con potere calorifico inferiore (PCI) di 9,0-9,5 MJ/kg (valore medio indicativo della realtà nazionale) si possono produrre 2,5-3 t di vapore ovvero almeno 500-600 kWh di energia elettrica.

Il generatore di vapore ha la funzione sia di recuperare energia, sia di raffreddare i fumi a livelli di temperatura tali da poterli successivamente trattare negli usuali impianti di depurazione.

Spesso le realizzazioni impiantistiche prevedono, prima della combustione, linee di preselezione e biostabilizzazione; in questo caso, al forno vanno i sovralli e gli scarti della (eventuale) raffinazione del compost, cioè circa il 60% dei rifiuti. Il potere calorifico, data la sottrazione della sostanza organica, sale in questo caso a 12 MJ/kg e oltre.

Per assicurare una corretta combustione, nei forni a griglia occorre operare con

eccessi d'aria dell'ordine del 40-100%. L'eccesso d'aria va contenuto al minimo per non ridurre la temperatura di combustione e accrescere il volume dei fumi da raffreddare, depurare e scaricare in atmosfera, con inevitabili perdite di rendimento; nei forni a letto fluido gli eccessi d'aria si riducono invece a valori dell'ordine del 30-50 %.

Occorre infine ricordare che l'attuale normativa italiana prescrive di installare a valle della camera di combustione, al fine di favorire il completamento della combustione e minimizzare le emissioni di macro e microinquinanti, una zona di post-combustione, in grado di assicurare un tempo di permanenza minimo dei fumi di 2 secondi alla temperatura di 850 °C.

Per quanto riguarda la *depurazione dei fumi*, vengono adottati processi di trattamento riconducibili, schematicamente, a due differenti tipologie:

- processi "a secco" o "semisecco";
- processi a "umido".

In entrambi i casi, il processo di depurazione si basa sullo sviluppo di reazioni chimiche fra i gas acidi contenuti nei fumi e i reagenti (calce, soda, bicarbonato di sodio) impiegati allo stato solido o in soluzione, con la formazione di sali che devono poi essere correttamente smaltiti o recuperati.

Nel primo caso tali reazioni avvengono in apparecchiature poste a monte di quella destinata alla rimozione delle polveri (depolveratore) e non danno luogo a scarichi liquidi dall'impianto; nel secondo caso il processo avviene in apparecchiature poste a valle del depolveratore e comporta lo scarico continuo di una certa quantità di liquido di lavaggio. Nel caso degli impianti funzionanti a secco o semisecco, i sali da eliminare sono allo stato solido secco e vengono raccolti dal depolveratore insieme con le polveri prodotte dalla combustione. Nel caso degli

impianti funzionanti a umido, i sali si trovano in soluzione nel liquido di lavaggio.

La rimozione degli ossidi di azoto (NO_x) viene effettuata per riduzione selettiva catalitica (SCR) o non catalitica (SNCR). Nella sequenza del sistema di trattamento dei fumi la prima opzione trova attualmente collocazione come ultimo stadio a monte del camino, mentre la seconda è localizzata all'interno del generatore di vapore, a livelli di temperatura tali da favorire la reazione di riduzione. Per la riduzione SCR il reagente impiegato è ammoniaca, mentre nel caso di sistemi SNCR può essere costituito da urea o ammoniaca in soluzione. Dalla combustione RU restano, come residui, scorie che rappresentano il 20-25% in peso dei rifiuti stessi e ceneri per un quantitativo dell'ordine del 5%. Qualora si alimentino frazioni secche selezionate (CDR), tali percentuali diventano rispettivamente pari a circa il 15% e 5%. La produzione di ceneri volanti risulta variabile in funzione della tipologia dei rifiuti, del tipo e delle condizioni di gestione del combustore, nonché dell'efficienza dei sistemi di captazione delle polveri.

Un tipico impianto di combustione rifiuti è costituito essenzialmente da:

- fossa di stoccaggio dei rifiuti;
- carroponte con benna per il caricamento;
- tramoggia di carico;
- camera di combustione e post-combustione;
- bruciatori di innesco e di eventuale supporto alla combustione;
- generatore di vapore;
- ciclo termico e gruppo turboalternatore;
- sistema di depurazione dei fumi;
- sistema di raffreddamento e scarico delle scorie.

Sono ancora in fase di sviluppo processi termochimici, quali la pirolisi e la gassificazione, che si differenziano dalla combustione in quanto avvengono in difetto o in totale assenza di ossigeno.

Il processo di *gassificazione* consiste nella conversione di un materiale solido o liquido in un gas combustibile, ottenuta tramite un'ossidazione parziale condotta sotto l'azione del calore. Al contrario della combustione, nella quale l'ossidazione viene condotta con un eccesso di comburente rispetto al quantitativo chimicamente necessario per la reazione (valore stechiometrico), la gassificazione viene condotta con quantitativi di agente ossidante (normalmente aria, ma anche aria arricchita con ossigeno o addirittura ossigeno puro) inferiore a quello stechiometrico.

I prodotti derivati della gassificazione dei rifiuti sono costituiti essenzialmente da:

- una corrente gassosa (gas derivato o "syngas"), costituente il prodotto principale, che può contenere frazioni condensabili ("TAR") a temperatura ambiente;
- un residuo solido costituito dagli inerti e dalla frazione organica non convertita ("char").

Nel processo di gassificazione il calore necessario viene fornito, in toto o parzialmente, dalle reazioni di ossidazione parziale che riducono le esigenze di apporti di calore dall'esterno. La temperatura e la sua distribuzione all'interno del reattore influenzano le caratteristiche del gas ottenuto e la ripartizione percentuale fra i vari prodotti ottenibili. Anche se il processo può essere condotto in un ampio campo di temperature, la temperatura operativa risulta di norma compresa fra 800-1100 °C nella gassificazione con aria e tra 1000-1400 °C in caso di impiego di ossigeno.

Il processo di *pirolisi* consiste nella degradazione termica di un materiale, condotta in totale assenza di agente ossidante, anche se l'eliminazione completa dell'ossigeno risulta alquanto difficoltosa da ottenere (molti rifiuti ne contengono quantitativi significativi) per cui durante la pirolisi si assiste anche all'ossidazione di alcuni composti.

Il processo è complessivamente endotermico e richiede pertanto apporto di calore dall'esterno, in genere ottenuto attraverso la combustione di parte dei prodotti ottenuti, con particolare riguardo alla frazione gassosa.

Il processo di pirolisi viene, di norma, condotto in un campo di temperature comprese tra 400 e 800 °C. In pratica l'azione del calore su di un rifiuto si esplica attraverso la rottura delle molecole complesse con formazione di composti più leggeri; il risultato del trattamento è quindi la produzione di un gas (gas di pirolisi), di una frazione liquida a temperatura ambiente (olio) e di un residuo solido ancora combustibile (char).

Le caratteristiche dei materiali ottenuti e le loro quantità relative dipendono, oltre che dal tipo di materiale trattato, dalle condizioni operative con le quali viene condotto il processo, in particolare la temperatura e il tempo di esposizione.

Le diverse condizioni operative consentono di classificare la pirolisi nelle seguenti categorie:

- "slow pyrolysis" o carbonizzazione, caratterizzata da basse velocità di reazione e temperature limitate (300-500 °C), in modo da massimizzare la resa in prodotti solidi (char);
- pirolisi "convenzionale", in grado di fornire prodotti gassosi, solidi e liquidi, in quantità variabili in funzione soprattutto della temperatura operativa;
- pirolisi "fast" o "flash", finalizzata a massimizzare la produzione di composti leggeri (gassosi o liquidi), suscettibili di ulteriori successivi trattamenti per l'impiego come combustibili o materia prima per l'industria chimica.

Se lo scopo principale è la formazione di un gas, è possibile ottenere tramite la pirolisi un combustibile di buon potere calorifico (di norma compreso fra 14 e 20 MJ/Nm³), più elevato di quello producibile attraverso la gassificazione; in quest'ultimo processo infatti una parte delle frazioni gassose finiscono per essere ossidate e, qualora sia impiegata aria, si ha la presenza di notevoli quantitativi d'azoto nel gas di sintesi prodotto.

L'interesse nei confronti dell'impiego dei processi innovativi di trattamento termico dei rifiuti è determinato essenzialmente dalle potenzialità che essi offrono in termini di:

- incremento del rendimento di recupero del contenuto energetico dei rifiuti, attualmente piuttosto limitato negli impianti convenzionali di combustione di rifiuti con produzione di energia elettrica tramite cicli termici con turbina a vapore;
- riduzione delle portate di effluenti gassosi da sottoporre a trattamenti depurativi;
- miglioramento delle caratteristiche d'inertizzazione e maggiori possibilità di riutilizzo dei residui solidi prodotti dal processo (scorie e ceneri leggere).

Si possono inoltre citare una migliore adattabilità di tali tecnologie all'interno della liberalizzazione del mercato dell'energia elettrica, una migliore compatibilità con lo sviluppo della piccola e media impresa (PMI), con il principio dell'autosufficienza e con il recupero combinato di energia elettrica e termica, la possibilità di realizzare impianti di scala ridotta, nonché una migliore accettabilità da parte dell'opinione pubblica.

² La gassificazione con aria risulta di più larga applicazione essenzialmente perché più economica; il PCI del gas prodotto risulta piuttosto basso a causa dell'elevato contenuto di azoto che può raggiungere anche il 60% in volume.

³ La gassificazione è un processo globalmente esotermico e, come tale non necessita di apporto di calore dall'esterno; tuttavia tra le varie reazioni che avvengono, alcune sono di tipo endotermico.

A questi potenziali vantaggi fanno riscontro alcuni aspetti, principalmente di carattere tecnico-economico, che ne hanno frenato, ad oggi, la loro applicazione su vasta scala. Tra questi si citano:

- i problemi di carattere tecnico tuttora irrisolti, in grado di condizionare pesantemente lo sviluppo (scale-up degli impianti pilota e dimostrativi alla scala commerciale, messa a punto di tecniche e sistemi di pretrattamento e alimentazione dei rifiuti, di depurazione spinta del syngas grezzo, di conversione dello stesso in energia elettrica tramite soluzioni impiantistiche ad elevata efficienza quali i cicli combinati turbina a gas / turbina a vapore, gli unici in grado di compensare, con ampi margini, i maggiori consumi endogeni del trattamento rispetto alle tecnologie convenzionali di recupero energetico);
- alcuni aspetti economici, legati principalmente alle molte incertezze che caratterizzano la definizione dei costi associati al trattamento, a causa della limitata esperienza acquisita nell'esercizio di impianti industriali. Esistono poi ancora punti oscuri riguardanti la reale remuneratività dei sottoprodotti ottenuti, l'effettiva esistenza di un loro mercato stabile, nonché la possibilità di garantire con costanza nel tempo la qualità dei materiali recuperati (per le tecnologie che privilegiano il recupero di materia);
- l'esigenza di reperire fondi da destinare allo sviluppo del settore, legata al finanziamento sia di ulteriori programmi di R&S e dimostrazione, sia della costruzione del primo impianto su scala industriale.

I risvolti ambientali

I potenziali impatti

L'installazione di un impianto di trattamento di rifiuti comporta alcune potenziali

fonti d'impatto sull'ambiente che, pur essendo comuni con altri impianti industriali, possono assumere particolare rilevanza in considerazione della tipologia del materiale trattato.

Tra le principali fonti vanno annoverate l'impatto visivo, l'emissione di polveri, di inquinanti di odori, il rumore, l'incremento di traffico indotto, gli effetti sull'ecosistema.

Nella tabella 1 sono riportati in forma sintetica i potenziali impatti e rischi ascrivibili ad alcune forme di gestione di rifiuti (trattamenti meccanico-biologici, incenerimento con recupero energetico, messa in discarica) effettuabili a valle delle operazioni di raccolta e trasporto.

L'impatto visivo di un impianto di trattamento di rifiuti non dipende solo dalle sue dimensioni, ma anche dalle sue caratteristiche progettuali, soprattutto per quanto concerne gli aspetti architettonici e di inserimento nel paesaggio.

Fermo restando quindi che la localizzazione di un impianto dovrebbe essere effettuata preferenzialmente presso aree industriali esistenti o dismesse, è indubbio che qualsiasi proposta di insediamento di nuovi impianti dovrebbe dare importanza all'aspetto architettonico, in modo da pervenire ad una soluzione impiantistica che salvaguardi contemporaneamente la funzionalità impiantistica e l'aspetto paesaggistico.

Per quanto riguarda la possibilità di emissioni di odori molesti, tale eventualità è tipica di tutti gli impianti di trattamento di rifiuti putrescibili e risulta legata essenzialmente all'accumulo di rifiuti in ingresso, necessario a garantire la continuità dell'alimentazione. In particolare, nel caso della discarica diviene una forma di impatto totalmente incontrollabile.

Relativamente alle problematiche di inquinamento acustico, che sono quelle tipiche di qualsiasi impianto industriale che impieghi apparecchiature meccaniche, esse possono essere ovviate sia in

Tabella 1 - Potenziali impatti del trattamento e dello smaltimento dei rifiuti

Fase	Potenziale impatto	Rischi
Raccolta e trasporto dei rifiuti	<ul style="list-style-type: none"> - Incidenti stradali - Perdite e spillamenti - Odori molesti 	<ul style="list-style-type: none"> - Lesioni agli operatori e alla popolazione esposta - Inquinamento: aria, acqua, suolo
Stoccaggio dei rifiuti	<ul style="list-style-type: none"> - Sviluppo di vapori e odori molesti - Limitazione all'uso del territorio 	<ul style="list-style-type: none"> - Disturbi e danni agli operatori e alla popolazione limitrofa - Danni economici
Trattamenti meccanico-biologici	<ul style="list-style-type: none"> - Emissioni di odori molesti e gas tossici - Presenza di insetti e animali molesti 	<ul style="list-style-type: none"> - Disturbi e danni agli operatori e alla popolazione limitrofa - Diffusione di malattie infettive
Trattamenti termici	<ul style="list-style-type: none"> - Emissioni di gas tossici, metalli pesanti, diossine ecc. 	<ul style="list-style-type: none"> - Disturbi e danni agli operatori e alla popolazione limitrofa - Inquinamento: aria, acqua, suolo
Messa in discarica	<ul style="list-style-type: none"> - Modificazioni del paesaggio - Limitazione all'uso del territorio - Emissione di odori molesti, gas e vapori combustibili e gas con effetto serra - Lisciviazione e reazioni chimiche indesiderate 	<ul style="list-style-type: none"> - Danni paesaggistici - Danni economici - Disturbi alla popolazione limitrofa - Inquinamento atmosferico - Inquinamento idrico delle falde - Esplosioni, incendi

sede di progettazione che di esercizio dell'impianto.

Un aspetto di una certa rilevanza e che deve essere accuratamente valutato in sede di localizzazione di un impianto di trattamento dei rifiuti riguarda l'incremento del traffico veicolare (soprattutto nelle vicinanze) dovuto principalmente alla raccolta dei rifiuti e, in misura minore, all'allontanamento dei residui di trattamento. Tale obiettivo inconveniente può essere limitato tramite una serie di accorgimenti in fase di pianificazione che vanno dalla modifica della viabilità a livello locale alla localizzazione dell'impianto lontano da centri abitati o in prossimità di arterie ad alto scorrimento, alla sostituzione del trasporto su gomma con il trasporto su rotaia.

Per quanto riguarda i rischi di tipo sanitario o di effetti negativi su flora e fauna è impossibile negare che in passato soprattutto gli inceneritori abbiano costituito una fonte di emissione di inquinanti con potenziali effetti negativi sull'ambiente circostan-

te. Tuttavia tali emissioni sono state drasticamente ridotte ed è molto probabile che continuino a diminuire in futuro alla luce dei livelli emissivi sempre inferiori che vengono assicurati dallo sviluppo tecnologico e che vengono via via ripresi dalla normativa con l'adozione di limiti di concentrazione sempre più restrittivi.

L'impatto sull'ambiente relativo alla realizzazione di un impianto di trattamento dei rifiuti può comunque essere valutato solo caso per caso, in funzione delle condizioni specifiche del sito. Tutte le summenzionate forme di impatto debbono essere prese in esame in fase di localizzazione di un impianto e tutte le possibili soluzioni debbono essere vagliate, anche in funzione di motivate richieste espresse dai cittadini; questi ultimi debbono potersi rendere conto che nessuno degli aspetti esaminati ha necessariamente conseguenze negative sull'ambiente, a condizione che l'impianto sia correttamente localizzato e adeguatamente progettato, realizzato e gestito.

Le emissioni di inquinanti

In termini di emissioni di inquinanti la forma di gestione che desta maggiori interesse e timore nell'opinione pubblica è costituita dal recupero energetico da rifiuti, a causa degli innegabili problemi di carattere ambientale verificatisi in passato negli impianti di incenerimento di rifiuti, fattori che hanno portato il legislatore a fissare dei limiti alle emissioni molto restrittivi che, attualmente, sono di gran lunga inferiori a quelli previsti per altri insediamenti industriali quali, ad esempio, le centrali termoelettriche e i cementifici (tabella 2).

Ne deriva come conseguenza che qualora si valutino per la valorizzazione energetica le emissioni specifiche (ad esempio in termini di grammi per kWh netto di energia elettrica prodotta) è possibile conseguire per i macroinquinanti⁴ tipici della combustione (polveri, SO₂ e, in misura minore, il CO) dei vantaggi ambientali rispetto alle emissioni di una centrale termoelettrica tradizionale alimentata con il mix di combustibili caratteristico della situazione nazionale. Un discorso a parte va fatto per gli NO_x, per i quali, essendo fissato attualmente lo stesso limite per le due tipologie di impianto in termini di concentrazione (200 mg/Nm³), il confronto con le centrali termoelettriche risulta sfavorevole alla valorizzazione energetica dei rifiuti⁵. Tuttavia l'adozione di sistemi di denitrificazione catalitica, sempre più frequentemente previsti negli impianti di recente costruzione, consente il conseguimento di livelli di emissione molto ridotti (< 70 mg/Nm³) e/o l'eventuale contestuale impiego dell'energia termica (per usi civili e/o industriali) possono capovol-

gere la situazione a favore della valorizzazione energetica dei rifiuti.

Le emissioni di gas con effetto serra

Il trattamento e lo smaltimento di rifiuti, come del resto qualsiasi altro insediamento industriale, influenza anche le emissioni di gas con effetto serra che derivano da:

- consumi energetici, legati principalmente all'impiego di combustibili fossili, necessari per le operazioni di trattamento e di trasporto, sia a monte che a valle dello stesso;
- emissioni non energetiche, quali ad esempio quelli derivanti da trattamenti termici di rifiuti;
- emissioni di metano da discariche controllate.

Va sottolineato che dal trattamento dei rifiuti possono scaturire dei contributi di riduzione alle emissioni globali di gas serra attraverso il recupero di materia ed energia (mancate emissioni associate alla produzione di beni da materie prime e/o da produzione di energia da combustibili fossili) ovvero tramite la fissazione del carbonio atmosferico ("carbon sequestration") nel suolo e nelle piante.

Pertanto nel caso della gestione di rifiuti vanno prese in considerazione le emissioni nette di gas serra che derivano da: (emissioni nette) = (emissioni lorde) - (emissioni evitate e/o fissazione del carbonio).

I possibili meccanismi che possono influenzare le emissioni di gas serra sono sinteticamente riportati in tabella 3.

⁴ Non risulta invece possibile effettuare un confronto realistico anche per i microinquinanti a causa della carenza di dati sistematici in materia; una stima effettuata sulla base dei limiti normativi vigenti potrebbe risultare fuorviante, data la notevole differenza dei valori di riferimento per le due tipologie di impianto.

⁵ In conseguenza dei minori livelli di recupero conseguibili nel caso di recupero energetico da rifiuti, che derivano dalla necessità di contenere le condizioni operative del vapore, a causa di fenomeni di corrosione ed erosione legati alla natura aggressiva dei fumi.

Tabella 2 – Valori limite di emissione previsti dalla normativa vigente⁽⁰⁾

Inquinante	Unità	Dlgs. 133/2005 ⁽¹⁾	Direttiva 2000/76/CE ⁽¹⁾	Centrali Termoelettriche DM 12.7.1990 ⁽²⁾	Cementifici DM 12.7.1990 ⁽³⁾
Polveri	mg/Nm ³	10	10	50	50
SO ₂	mg/Nm ³	50	50	400	600
NO _x	mg/Nm ³	200	200	200	1800 - 3000
CO	mg/Nm ³	50	50	250	--
Metalli pesanti	mg/Nm ³	0,5 ⁽⁵⁾	0,5 ⁽⁷⁾	10 ⁽⁶⁾	5 ⁽⁶⁾
Diossine (FTE) ⁽⁴⁾	ng/Nm ³	0,1	0,1	10000	10000

(0) Valori riferiti a fumi secchi, nelle condizioni standard (P=101,3 kPa, T=273 K).

(1) Valori medi giornalieri, riferiti all'11% di ossigeno libero nei fumi.

(2) Valori medi mensili, riferiti al 3% di ossigeno libero nei fumi per i combustibili liquidi e gassosi e 6% in volume per il carbone.

(3) Per i cementifici i valori di emissione sono riferiti al contenuto di ossigeno libero degli effluenti gassosi umidi.

(4) Valutato come tossicità equivalente nel caso dell'incenerimento di rifiuti e come somma di tutti gli isomeri per gli impianti industriali; i due limiti non sono direttamente comparabili, ma risulta essere almeno di un paio di ordini di grandezza superiore nel caso di impianti industriali.

(5) Somma di Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn.

(6) Somma di Sb, Pb, Cr (III), Cu, Mn, V, Sn, Pd, Pt, Rh.

(7) Somma di Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V.

Un'attenzione particolare merita la valutazione delle emissioni di gas serra che originano da fonti rinnovabili. Infatti, in accordo alla metodologia messa a punto dall'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), tali emissioni non debbono essere contabilizzate. Questa assunzione scaturisce dal fatto che esse non sono classificabili come di origine antropogenica e, come tali in grado di alterare il ciclo biogeochimico naturale di trasformazione del carbonio⁶.

Sono invece da contabilizzarsi, in quanto riconducibili espressamente ad attività di origine antropogenica:

- le emissioni di CO₂ derivanti dalla combustione di frazioni di origine fossile (plastiche, fibre sintetiche ecc.);
- le emissioni di CH₄ da discarica controllata in quanto direttamente correlate con le attività umane di smaltimento in discarica che danno luogo alle condizioni anaerobiche che portano alla sua formazione.

È interessante effettuare un confronto tra le due forme alternative di smaltimento dei

RU, costituite dall'incenerimento con recupero energetico e la messa in discarica.

I RU sono costituiti da frazioni eterogenee nelle quali è presente carbonio sia di origine rinnovabile (carta, legno, scarti organici, fibre tessili naturali ecc.), sia di origine fossile (plastiche, resine e fibre sintetiche ecc.). Il loro "grado di rinnovabilità", facendo riferimento ad una composizione media tipica della realtà nazionale, risulta essere compreso nel campo 60-70%.

Se non valorizzati energeticamente i rifiuti finirebbero in discarica, dando luogo alla produzione di metano, gas dotato di un elevato potere di riscaldamento globale (GWP, Global Warming Potential). La captazione del biogas e la sua successiva combustione per la produzione di energia elettrica attenuano solo in parte questo divario. È possibile stimare, infatti, dal confronto fra un moderno impianto di combustione di rifiuti per la produzione di energia elettrica e lo smaltimento in discarica dotata di un sistema di captazione che recuperi il 50% del biogas prodotto (destinato anch'esso alla produzio-

⁶ Ad esempio il carbonio contenuto nella carta o negli scarti di origine vegetale è stato rimosso inizialmente dall'atmosfera tramite il processo di fotosintesi e, in condizioni naturali, ritornerebbe all'atmosfera attraverso processi di degradazione che avvengono in modo spontaneo.

Tabella 3 – Emissioni di gas serra dal trattamento di rifiuti

Tecnica	Emissioni lorde	Emissioni evitate
Riciclo /recupero	- Trasporto - Consumi energetici	- Estrazione e trasporto materie prime
Trattamenti meccanico-biologici	- Trasporto - Consumi energetici	- Riduzione delle emissioni di CH ₄ da discarica
Trattamenti termici	- Trasporto - Emissioni di CO ₂ da fonti fossili - Emissioni di N ₂ O	- Produzione di energia elettrica e/o termica - Recupero di metalli ferrosi e non ferrosi
Discarica controllata	- Trasporto - Emissione di CH ₄	- Sequestro del carbonio ("carbon sink") - Produzione di energia elettrica e/o termica da biogas

ne di energia elettrica), un guadagno netto di emissioni di gas serra di circa 360 kg di CO₂ eq. per ogni tonnellata di rifiuto smaltito, come riportato, in sintesi, in tabella 4⁷.

Conclusioni

La breve analisi effettuata consente di affermare che per il trattamento dei RU ai fini del loro recupero o smaltimento

sono oggi disponibili un ventaglio di tecniche provate e affidabili, che risultano fondamentali per consentire una loro gestione ambientalmente compatibile.

Appare anche evidente come non possa emergere una tecnica in grado di prevalere su tutte le altre in modo generalizzato e costituire "la soluzione", in quanto ciascuna di esse presenta un proprio campo di applicazione con finalità e sco-

Tabella 4 – Emissioni di gas serra da combustione e da discarica⁽¹⁾

	Unità di misura	Discarica controllata	Combustione	
Produzione biogas	Nm ³ /t _{RU}	92 ⁽²⁾	--	
Captazione biogas	%	50	--	
Emissioni lorde di CO ₂	kg CO ₂ eq/t _{RU}	346	324 ⁽⁴⁾	
Emissioni evitate di CO ₂ ⁽³⁾	kg CO ₂ eq/t _{RU}	56	394	
Emissioni nette di CO₂	kg CO ₂ eq/t _{RU}	290 (A)	-70 (B)	Guadagno (A) - (B) 360

(1) Non vengono prese in esame le emissioni legate al trasporto, in prima approssimazione equivalenti in entrambe le alternative.
(2) Valutata in base alla metodologia di default della direttiva IPCC.
(3) Dalla sola produzione di energia elettrica del 50% del biogas captato in discarica. Rendimenti energetici netti in energia elettrica: 35% per i motori a gas, 22% per la combustione dei RU.
(4) Derivanti dalla frazione non rinnovabile dei RU.

Fonte: ENEA

⁷ I livelli attuali di captazione in Italia sono di molto inferiori: facendo riferimento ad una captazione media del 25% il guadagno (a parità di altre condizioni) in mancate emissioni di CO₂ eq. conseguibile, passando dallo smaltimento in discarica al recupero energetico dei rifiuti, sarebbe di oltre 500 kg t_{RU}⁻¹ smaltiti.

pi differenti, che spaziano dalla stabilizzazione, all'inertizzazione del rifiuto, al recupero di materia o di energia, in funzione sia della matrice da trattare, sia della specifica realtà locale in cui dovrà essere applicata.

Di certo si può affermare che, ove praticabile, vadano privilegiate le tecniche finalizzate al recupero di risorse (materia e/o energia), piuttosto che quelle di mero smaltimento.

Al riguardo va sottolineato come il recu-

pero di energia dai RU residui, unica forma di trattamento alternativa allo smaltimento in discarica, permetta di conseguire significativi vantaggi in termini di risparmio di risorse e di emissioni globali di inquinanti e di gas con effetto serra, proprio in conseguenza sia delle elevate prestazioni conseguibili, sia dei severi limiti alle emissioni applicati a questa categoria di impianti, che non trovano riscontro in nessun altro insediamento industriale.

Bibliografia

- European IPPC Bureau (a cura di) (2006), *Reference Document on Best Available Techniques for Waste Treatments Industries (BREF on Waste Treatments)*, Final document, August 2006.

- European IPPC Bureau (a cura di) (2006), *Reference Document on Best Available Techniques for Waste Incineration (BREF on Waste Incineration)*, Final document, August 2006.

- CITEC (a cura del GdL del) (2004), *Linee guida per la progettazione e gestione degli impianti a tecnolo-*

gia complessa per lo smaltimento dei rifiuti urbani, Ed. Hyper.

- DE STEFANIS P. (2002), *Le tecnologie innovative per il recupero di energia da rifiuti*, Rapporto Tecnico ENEA RT/AMB/2001/25.

- DE STEFANIS P. (2002), *Metodologia di stima delle emissioni di gas serra dalla combustione di rifiuti*, "RS - Rifiuti Solidi", vol. XVI n. 3, maggio-giugno 2002, pagine 159-164.

- DE STEFANIS P. (2005), *Potenzialità e limiti del recupero energetico da rifiuti*, RIFIUTI, bollettino di informazione normativa, n. 117 (5/05), pagine 2-10.

Per informazioni:

maurizio.coronidi@casaccia.enea.it

Indirizzi comunitari per una gestione sostenibile dei rifiuti

MAURIZIO CORONIDI*, PASQUALE DE STEFANIS*
MARIA FRANCESCA SCALDAFERRI**

***ENEA**, Dipartimento Ambiente, Cambiamenti globali e Sviluppo sostenibile

****Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare**, Direzione per la Qualità della Vita

Il Sesto Programma d'Azione

Le risorse della terra, soprattutto quelle rinnovabili come il suolo, l'acqua, l'aria e le foreste, sono soggette a forti pressioni esercitate dalla società umana. È dunque necessaria una strategia che, mediante strumenti fiscali e incentivi, possa garantire un uso più sostenibile delle risorse.

I volumi di rifiuti prodotti nella nostra società "dei consumi" sono inevitabilmente destinati ad aumentare se non vengono intraprese azioni di rimedio. La prevenzione, intesa come riduzione della produzione dei rifiuti e della loro pericolosità, costituisce un elemento fondamentale della politica integrata dei prodotti, ma urgono, in ogni caso, misure che incoraggino il riciclaggio e il recupero dei rifiuti.

È da queste considerazioni che si è sviluppata, nell'ambito del Sesto Programma comunitario d'Azione in materia di Ambiente¹, denominato *Ambiente 2010 - Il nostro futuro, la nostra scelta: un programma di azione per l'ambiente dell'Europa agli inizi del XXI secolo*, la linea di azione inerente all'uso sostenibile delle risorse naturali e alla gestione dei rifiuti. L'obiettivo generale di tale linea d'azione è di garantire che il consumo delle risorse, rinnovabili e non rinnovabili, non superi la capacità di carico dell'ambiente, e di ottenere il disaccoppiamento dell'uso delle risorse dalla crescita econo-

mica mediante un significativo miglioramento dell'efficienza delle risorse, la dematerializzazione dell'economia e la prevenzione dei rifiuti.

La Strategia tematica sulla prevenzione e il riciclaggio dei rifiuti

La Strategia tematica sulla prevenzione e il riciclaggio dei rifiuti², una delle sette strategie tematiche previste dal Sesto Programma d'Azione, stabilisce gli orientamenti dell'azione dell'Unione Europea e descrive le misure prioritarie per migliorare la gestione dei rifiuti. La Strategia tematica è volta alla riduzione degli impatti ambientali negativi generati dai rifiuti, dalla produzione fino allo smaltimento, passando per il riciclaggio. Tale approccio permette di considerare i rifiuti non solo come una fonte d'inquinamento da ridurre ma anche come una potenziale risorsa da sfruttare. Gli obiettivi di ridurre la produzione dei rifiuti (prevenzione) e di promuovere il riutilizzo, il riciclaggio e il recupero dei rifiuti, già presenti nella normativa comunitaria, sono parte integrante dell'approccio della Strategia, basato sull'analisi dell'impatto ambientale e sul ciclo di vita delle risorse. Gli assi principali su cui è orientata la strategia riguardano la modifica della legislazione al fine di migliorarne l'attuazione, la prevenzione dei rifiuti e la promozione di un riciclaggio efficace.

Miglioramento del quadro legislativo generale

La strategia prevede la semplificazione della legislazione in vigore. Ciò avviene in particolare attraverso la fusione della direttiva quadro 75/442/CEE sui rifiuti³ con la direttiva sui rifiuti pericolosi⁴ e con quella sugli oli usati⁵, e l'eliminazione delle sovrapposizioni tra la suddetta direttiva quadro e la direttiva sulla prevenzione e la riduzione integrate dell'inquinamento⁶ (nota come direttiva IPPC, Integrated Pollution Prevention

and Control), per quanto riguarda, ad esempio il rilascio delle autorizzazioni. Saranno chiarite alcune nozioni:

- la proposta di direttiva quadro che accompagna la strategia prevede di stabilire criteri ambientali per determinare quando un rifiuto cessa di essere tale. Tali criteri saranno fissati per quei tipi di rifiuti la cui definizione attuale crea incertezza giuridica e genera costi amministrativi;
- si propone una nuova definizione delle attività di recupero e di smaltimento al fine di promuovere le migliori pratiche ambientali. Saranno introdotti pertanto dei livelli di efficacia che permettano di distinguere le attività di recupero da quelle di smaltimento;
- nella proposta di direttiva quadro sui rifiuti si introduce la definizione di riciclaggio.

Prevenzione dell'impatto negativo dei rifiuti

La strategia prevede di limitare la produzione di rifiuti, ma non fissa obiettivi globali quantificati in materia poiché questi ultimi non comportano necessariamente un miglioramento a livello ambientale. Infatti, alcune tecniche che permettono un'importante riduzione del volume di rifiuti si rivelano più inquinanti rispetto ad altre. La strategia che mira a prevenire la produzione di rifiuti verte principalmente sulla riduzione dell'impatto ambientale dei rifiuti e dei prodotti destinati a diventare rifiuti. Per essere efficace, tale riduzione deve essere applicata all'intero ciclo di vita delle risorse. Un fattore importante per la riuscita di tale strategia è quindi l'applicazione degli strumenti istituiti nel quadro della normativa comunitaria in vigore, come la diffusione delle migliori tecniche disponibili e la progettazione ecologica dei prodotti. La strategia offre inoltre un quadro coordinato per la realizzazione di azioni nazionali specifiche. La nuova proposta di direttiva quadro sui rifiuti prevede infatti l'obbligo,

per gli Stati membri, di elaborare programmi volti a prevenire la produzione di rifiuti che comprendano obiettivi specifici di prevenzione da attuare al livello più appropriato e che siano accessibili al pubblico.

Tale approccio basato sul ciclo di vita dei prodotti e dei rifiuti implica che si migliorino le conoscenze sull'impatto che l'utilizzo delle risorse provoca in termini di produzione e gestione dei rifiuti, e che si utilizzino in modo più sistematico le proiezioni e i modelli. L'approccio è complementare rispetto a quello contenuto nella comunicazione sulla politica integrata dei prodotti e nella strategia per l'uso delle risorse naturali. Un approccio di questo tipo permette di ridurre le pressioni ambientali (sfruttamento delle risorse e inquinamento) in ogni fase del ciclo di vita delle risorse, che comprende la produzione o la raccolta, l'utilizzo e lo smaltimento.

Promozione del riciclaggio dei rifiuti

La strategia prevede di incoraggiare l'intera filiera del riciclaggio, al fine di reintrodurre i rifiuti nel ciclo economico sotto forma di prodotti di qualità e di minimizzare, nel contempo, l'impatto ambientale negativo di tale reintroduzione.

Potrebbero inoltre essere stabiliti, ai livelli appropriati, degli obiettivi quantificati che tengano conto delle caratteristiche e delle possibilità concrete di riciclaggio di ogni materiale.

Il riciclaggio potrebbe essere incoraggiato attraverso una modifica del quadro normativo tale da comprendere, in particolare, la possibilità di introdurre criteri di efficacia per le operazioni di recupero e criteri che permettano di distinguere i rifiuti dai prodotti. Tali criteri dovrebbero consentire di stabilire degli standard minimi di qualità e di diffondere le migliori pratiche.

La strategia prevede ulteriori misure, come lo scambio di informazioni sulle tasse nazionali di smaltimento in discarica o, in

seguito, misure basate sulla natura del materiale e, eventualmente, misure volte ad integrare i meccanismi di mercato qualora questi non riescano a garantire lo sviluppo del riciclaggio.

La strategia attribuisce un'importanza particolare ai rifiuti biodegradabili, per la maggior parte dei quali la direttiva sulle discariche⁷ già prevede modi di trattamento diversi rispetto allo smaltimento in discarica. La strategia prevede, in particolare, l'adozione di linee guida da parte della Commissione, l'adozione di strategie di gestione da parte degli Stati membri e l'integrazione di tale aspetto nella revisione della direttiva IPPC e della direttiva sull'utilizzazione dei fanghi di depurazione in agricoltura.

Verso una nuova direttiva quadro sui rifiuti

Motivazione e obiettivi della proposta di nuova direttiva

Con la proposta di revisione si intende ottimizzare nel complesso le disposizioni della direttiva quadro sui rifiuti, senza peraltro modificarne la struttura essenziale e le disposizioni principali.

È infatti ormai evidente che alcune definizioni contenute nella direttiva quadro non sono sufficientemente chiare e danno luogo a divergenze e incertezze nell'interpretazione delle disposizioni principali della direttiva da uno Stato membro all'altro e in alcuni casi anche da una regione all'altra. Tutto ciò ha creato notevoli difficoltà per gli operatori economici e le autorità competenti. La mancanza di certezza giuridica riguarda principalmente la definizione di rifiuto e la distinzione tra recupero e smaltimento.

La proposta di revisione della direttiva quadro sui rifiuti introduce definizioni più chiare e/o, a seconda dei casi, un meccanismo per chiarire la questione a livello comunitario.

In secondo luogo, la strategia tematica sulla prevenzione e il riciclaggio dei rifiuti imposta in maniera nuova la politica sui rifiuti per adat-

tarla maggiormente alla situazione attuale, nella quale gran parte delle principali operazioni di gestione dei rifiuti è ormai disciplinata dalla legislazione ambientale. È dunque importante che la direttiva quadro sui rifiuti si adegui a questa nuova impostazione. Tutto ciò implica una serie di modifiche e la principale è l'introduzione di un obiettivo ambientale. La maggior parte delle direttive in materia ambientale prevede oggi un obiettivo di questo genere, che serve a orientare la direttiva verso una finalità ben precisa. Per quanto riguarda la proposta, l'obiettivo ambientale orienta la direttiva verso la riduzione degli impatti ambientali derivanti dalla produzione e dalla gestione dei rifiuti, tenendo conto dell'intero ciclo di vita: la proposta rafforza infatti la normazione in una serie di settori, mediante l'applicazione di norme minime, di definizioni precise di recupero e l'impiego di criteri per individuare quando un rifiuto cessa di essere tale.

Disposizioni vigenti nel settore della proposta

La proposta di nuova direttiva sui rifiuti⁸ prevede:

- la revisione della direttiva quadro sui rifiuti 75/442/CEE, già sostanzialmente modificata dalla direttiva 91/156/CEE⁹ e recentemente riorganizzata dalla direttiva 2006/12/CE¹⁰;
- l'abrogazione della direttiva sui rifiuti pericolosi, integrandone le disposizioni nella direttiva quadro;
- l'abrogazione della direttiva sugli oli usati, incorporando nel testo della direttiva quadro l'obbligo specifico di raccolta degli oli usati.

Gli elementi di queste due direttive che sono ancora pertinenti e il cui mantenimento è giustificato sono integrati nella proposta di revisione della direttiva quadro. Quest'ultima contiene le definizioni e le norme di base per tutti gli altri testi normativi comunitari

in materia di rifiuti e pertanto incide direttamente o indirettamente su ciascuno di essi. Inoltre, per quanto riguarda le procedure di autorizzazione degli impianti di trattamento dei rifiuti, la direttiva quadro si applica congiuntamente alla direttiva IPPC. In passato si sono verificate sovrapposizioni tra queste due direttive, che hanno portato a un sistema di doppie autorizzazioni e a un inutile aggravio degli adempimenti normativi e degli oneri amministrativi. Anche se ciò è dovuto principalmente al modo in cui le direttive sono state attuate dagli Stati membri, la presente direttiva chiarisce esplicitamente che il diritto comunitario non impone la doppia autorizzazione.

Una serie di elementi della direttiva sui rifiuti pericolosi non sono stati ripresi nella presente proposta, in quanto già adeguatamente disciplinati da altri atti normativi comunitari, come la direttiva sull'incenerimento dei rifiuti¹¹ e la direttiva concernente lo smaltimento dei policlorodifenili e dei policlorotrifenili (PCB/PCT)¹².

Sintesi delle misure presentate

La proposta di direttiva contiene alcune disposizioni che recepiscono elementi di ciascuna delle alternative privilegiate nella valutazione d'impatto, prevedendo in particolare:

- l'introduzione di un obiettivo ambientale nella direttiva quadro sui rifiuti. Ciò permetterà di integrare il concetto del ciclo di vita nelle politiche in materia di rifiuti e di migliorare il loro rapporto costi-efficacia;
- la determinazione dei criteri per definire quando un rifiuto cessa di essere tale. Ciò consentirà di adottare i criteri per specifici flussi di rifiuti, in modo da garantire che i materiali riciclati non danneggino l'ambiente, e di ridurre l'onere amministrativo per gli operatori che producono materiali riciclati conformi a tali criteri;
- l'obbligo, per gli Stati membri, di elaborare programmi di prevenzione dei rifiuti. Questa disposizione non avrà, probabil-

mente, un grande impatto diretto sotto il profilo ambientale, economico o sociale, anche se le ripercussioni potranno variare in funzione delle azioni intraprese, ma consentirà di concentrare l'attenzione dei responsabili politici a livello comunitario, nazionale e sub-nazionale sulla prevenzione, intensificando in tal modo le politiche di prevenzione dei rifiuti. La disposizione assicura peraltro la flessibilità necessaria a consentire l'elaborazione di soluzioni nazionali e locali capaci di sfruttare i vantaggi connessi alla prevenzione dei rifiuti;

- una semplificazione della legislazione in materia di rifiuti (ad esempio mediante l'introduzione di norme minime o di una procedura per definire norme minime per una serie di operazioni di gestione dei rifiuti) e soprattutto un chiarimento delle definizioni (distinzione delle nozioni di "recupero" e "smaltimento", precisazione del concetto di miscelazione). Ciò avrà ripercussioni positive sotto il profilo ambientale e economico; nei casi in cui la legislazione dovesse risultare troppo rigida, saranno predisposte linee guida interpretative per risolvere questioni specifiche;
- l'abrogazione della disposizione che attribuisce la priorità alla rigenerazione degli oli usati. Ciò permetterà di ridurre i costi di gestione di questo flusso di rifiuti e di concentrare l'attenzione sull'aspetto ambientale più importante, ossia la raccolta degli oli usati, favorendo in tal modo una maggiore efficienza ambientale nella loro gestione.

Novità sostanziali della proposta

Il nuovo obiettivo concentra l'attenzione della direttiva quadro sui rifiuti sugli impatti ambientali derivanti dalla produzione e dalla gestione dei rifiuti, tenendo conto del ciclo di vita delle risorse. Viene perciò istituito un collegamento tra tale obiettivo e la "gerarchia dei rifiuti", contenuta in precedenza nell'articolo 3 della direttiva 75/442/CEE, senza peraltro modificare l'ordine e la natu-

ra della gerarchia. La formulazione di quest'ultima è aggiornata per tener conto dell'evoluzione dei termini utilizzati.

La definizione di "rifiuto" rimane invariata, ma viene previsto un meccanismo che consente di chiarire il momento in cui un determinato rifiuto cessa di essere tale, grazie all'adozione, tramite la procedura di comitato, di appositi criteri per i flussi di rifiuti che soddisfano determinate condizioni. La definizione di "riutilizzo" è analoga a quella contenuta nella direttiva sugli imballaggi e i rifiuti di imballaggio. Viene però introdotta una definizione di "riciclaggio", per precisare la portata di questa nozione, e viene introdotta una nuova definizione di "recupero", che conferma che la base di questa definizione è la sostituzione delle risorse. Abbinata alla definizione di smaltimento, essa permette di risolvere, se necessario attraverso la fissazione di criteri di efficienza, i casi in cui è difficile operare una distinzione. È inoltre previsto un meccanismo che consente, se necessario, di classificare con maggiore precisione determinate operazioni di trattamento dei rifiuti come recupero o come smaltimento, ricorrendo alla procedura di Comitato. Infine, la proposta di direttiva:

- chiarisce come i costi che i detentori o i produttori dei rifiuti devono sostenere per la gestione dei rifiuti debbano rispecchiare interamente le esternalità connesse allo smaltimento o al recupero di tali rifiuti. In altri termini i costi devono corrispondere all'effettivo costo ambientale della produzione e della gestione dei rifiuti;
- istituisce, come detto, un meccanismo che consente di chiarire il momento in cui determinati rifiuti cessano di essere tali grazie all'adozione di appositi criteri;
- precisa i possibili margini di sovrapposizione tra la direttiva quadro sui rifiuti e la direttiva IPPC in materia di rilascio delle autorizzazioni e stabilisce che gli stabilimenti o le imprese che già dispongono di un'autorizzazione IPPC non ne-

cessitano anche di un'autorizzazione a norma della direttiva quadro sui rifiuti;

- chiarisce meglio quale debba essere il contenuto dei piani di gestione dei rifiuti, specificando che, nell'elaborazione dei piani, occorre tener conto dell'intero ciclo di vita delle risorse.

Bibliografia

1. Decisione n. 1600/2002/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio, del 22 luglio 2002, che istituisce il sesto programma comunitario di azione in materia di ambiente (*GUL 242 del 10.9.2002, pagg. 1-15*).
2. Comunicazione della Commissione al Consiglio, al Parlamento Europeo, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle regioni - Portare avanti l'utilizzo sostenibile delle risorse - Una strategia tematica sulla prevenzione e il riciclaggio dei rifiuti, COM(2005) 666 definitivo, 21/12/2005.
3. Direttiva 75/442/CEE del Consiglio, del 15 luglio 1975, relativa ai rifiuti (*GUL 194 del 25.7.1975, pagg. 39-41*).
4. Direttiva 91/689/CEE del Consiglio, del 12 dicembre 1991, relativa ai rifiuti pericolosi (*GUL 377 del 31.12.1991, pagg. 20-27*).
5. Direttiva 75/439/CEE del Consiglio, del 16 giugno 1975, concernente l'eliminazione degli oli usati (*GUL 194 del 25.7.1975, pagg. 23-25*).
6. Direttiva 96/61/CE del Consiglio del 24 settembre 1996 sulla prevenzione e la riduzione integrate dell'inquinamento (*GUL 257 del 10.10.1996, pagg. 26-40*).
7. Direttiva 1999/31/CE del Consiglio, del 26 aprile 1999, relativa alle discariche di rifiuti (*GUL 182 del 16.7.1999, pagg. 1-19*).
8. Proposta di direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio relativa ai rifiuti (presentata dalla Commissione), COM(2005) 667 definitivo, 21/12/2005.
9. Direttiva 91/156/CEE del Consiglio del 18 marzo 1991 che modifica la direttiva 75/442/CEE relativa ai rifiuti (*GUL 78 del 26.3.1991, pagg. 32-37*).
10. Direttiva 2006/12/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio, del 5 aprile 2006, relativa ai rifiuti (*GUL 114 del 27.4.2006, pagg. 9-21*).
11. Direttiva 2000/76/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio, del 4 dicembre 2000, sull'incenerimento dei rifiuti (*GUL 332 del 28.12.2000, pagg. 91-111*).
12. Direttiva 96/59/CE del Consiglio del 16 settembre 1996 concernente lo smaltimento dei policlorodifenili e dei policlorotrifenili (PCB/PCT) (*GUL 243 del 24.9.1996, pagg. 31-35*).

Per informazioni:

maurizio.coronidi@casaccia.enea.it

Quadro nazionale e azioni per una gestione integrata dei rifiuti

MAURIZIO CORONIDI*, **ANDREA ROSSI MARCELLI****,
GIULIA SAGNOTTI**

***ENEA**, Dipartimento Ambiente, Cambiamenti globali e Sviluppo sostenibile

****Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare**, Direzione per la Qualità della Vita

La situazione

In materia di gestione dei rifiuti le politiche ambientali nazionali non possono che muoversi all'interno del quadro comunitario. E ciò non per semplice adeguamento ma per una reale condivisione e conseguente adesione ai principi della corretta gestione dei rifiuti, basati sulla prevenzione, quale intervento prioritario, sul riciclaggio e sul recupero di energia, individuando lo smaltimento in discarica solo come opzione residuale. In coerenza con i principi comunitari la normativa italiana sui rifiuti è orientata ormai da tempo alla realizzazione di un sistema di "gestione integrata" mirato ad ottenere il duplice risultato di valorizzare economicamente la risorsa rifiuto e di tutelare la qualità dell'ambiente.

In un sistema di gestione integrata dei rifiuti lo smaltimento viene quindi a costituire una fase residuale, mentre la raccolta differenziata finalizzata al riciclaggio assume un ruolo prioritario, in quanto consente di ridurre significativamente il flusso dei rifiuti da avviare allo smaltimento e di valorizzare le componenti merceologiche dei rifiuti sin dalla fase di raccolta. A valle di tali azioni i rifiuti indifferenziati possono essere valorizzati energeticamente anche attraverso la produzione di combustibili derivati da rifiuti (CDR), che possono svolgere un ruolo rilevante all'interno del sistema di produzione dell'energia ricavata da fonti rinnovabili, in

accordo con gli impegni assunti dall'Italia per l'attuazione del Protocollo di Kyoto.

A fronte di questa impostazione generale, nel settore rifiuti in Italia resta ancora molto da fare, e sperimentiamo ancora, purtroppo, un'Italia sostanzialmente a due velocità. In estese porzioni dell'Italia centro-settentrionale sono infatti largamente consolidate esperienze di gestione integrata in cui le Amministrazioni Locali tendono a dare impulso alla raccolta differenziata, al riciclaggio e al recupero energetico dei rifiuti. Nell'Italia meridionale si riscontrano invece, a fronte di una gestione ancora prevalentemente non integrata in ambiti ottimali, situazioni di dichiarata e perdurante emergenza a livello regionale (Lazio, Campania, Puglia e Calabria).

Dal Rapporto Rifiuti APAT-ONR 2005 risulta che nel 2004:

- la raccolta differenziata si è attestata al 22,7% (35,5% al Nord, 18,3% al Centro e 8,1% al Sud) contro il 21,1% del 2003 (33,5% al Nord, 17,1% al Centro e 6,7% al Sud);
- la percentuale di rifiuti urbani smaltiti in discarica è risultata del 51,9%, ma si registra un 23,0 % di biostabilizzato e di CDR non avviati a recupero;
- la percentuale di rifiuti urbani destinati nel 2004 ad incenerimento è solo del 9,7%, a fronte del 9% registrato nel 2003, e comunque contro una media europea del 18%.

Iniziative normative già attuate

Per quanto riguarda il recupero di materia e il riciclaggio, importanti azioni sono state, anche di recente, attuate in coerenza con le direttive europee; basti a proposito, ricordare:

- il DM 203/03, che obbliga Pubbliche Amministrazioni e società a prevalente capitale pubblico ad acquistare manufatti e beni realizzati con materiale riciclato nella misura minima del 30%, e le sette circolari emanate in sua applicazione;

- il Dlgs. 209/03 sui veicoli a fine vita, mirato a razionalizzare il settore e a fornire norme tecniche per un corretto trattamento;
- il Dlgs. 151/05 sulla gestione dei rifiuti da apparecchiature elettriche e elettroniche.

Per quanto attiene allo smaltimento in discarica dei rifiuti non riciclabili e non recuperabili, l'applicazione delle nuove norme (Dlgs. 36/03 e DM 3 agosto 2005), anch'esse attuative di disposizioni comunitarie, porterà, nel medio termine, a un drastico calo dei rifiuti conferiti in discarica, particolarmente di quelli biodegradabili. Sulla base del citato decreto legislativo sulle discariche le Regioni hanno già, infatti, provveduto a predisporre i Piani per la riduzione del conferimento di rifiuti urbani biodegradabili in discarica.

Sempre in tema di smaltimento, è stato anche emanato il Dlgs. n. 133/05 di recepimento della direttiva sull'incenerimento dei rifiuti, che si collega direttamente alle normative sull'IPPC e sulle fonti rinnovabili di energia. Una particolare attenzione va dedicata al *recupero energetico dei rifiuti*, per incentivare il quale è stato emanato, in attuazione della direttiva comunitaria 2001/77/CE, il Dlgs. 387/03 sulla incentivazione della produzione di energia elettrica da fonti energetiche rinnovabili. Tale decreto individua specifiche tipologie di rifiuti ammesse a beneficiare del regime riservato alle fonti rinnovabili e prevede disposizioni specifiche per la valorizzazione energetica delle biomasse, dei gas residuati dai processi di depurazione e del biogas. In attuazione del decreto sulle rinnovabili è stato anche emanato il DM 5 maggio 2006 che individua gli ulteriori rifiuti e combustibili derivati dai rifiuti ammessi al suddetto beneficio. È anche opportuno evidenziare che a livello nazionale:

- il combustibile derivato da rifiuti è stato classificato "rifiuto speciale" dalla legge 179/02, al fine di incentivarne il recupero;
- il Dlgs. n. 152/06 ha disposto che il CDR individuato dalle norme tecniche UNI

9903-1 come "RDF di qualità elevata", utilizzato in co-combustione in impianti di produzione di energia elettrica e in cementifici, sia escluso dal campo di applicazione della normativa sui rifiuti;

- il DM 2 maggio 2006 ha provveduto a normare le modalità di utilizzo del suddetto CDR di qualità elevata.

Le azioni prioritarie

Circa le attività da programmare, appare prioritario, per poter definire linee di azione concrete, pervenire alla stabilizzazione del quadro normativo in materia di rifiuti, mediante un'attività di verifica dello stesso, finalizzata in primo luogo a garantirne la conformità alle direttive europee: infatti il settore dei rifiuti è uno di quelli che contano il maggior numero di procedure di infrazione nel campo ambientale. La Strategia sulla prevenzione e il riciclaggio dei rifiuti, recentemente presentata in sede comunitaria, indica tra le strade da percorrere quella di semplificare la normativa settoriale, per cui la predetta verifica può costituire valida occasione anche per l'approfondimento di tale aspetto, ovviamente nella piena attuazione delle disposizioni e degli indirizzi comunitari in materia di tutela ambientale. In armonia con quanto previsto dal VI Programma d'azione comunitario, è necessario cercare di intervenire sul legame tra crescita economica e produzione di rifiuti mediante l'elaborazione di idonei programmi di prevenzione e riciclaggio, sviluppando l'analisi dei cicli di vita e le politiche integrate di prodotto. Questo non significa interferire sullo sviluppo economico, anzi l'efficienza economica dei settori produttivi può essere aumentata riducendo i costi per lo smaltimento di ingenti quantitativi di rifiuti. Le politiche integrate di prodotto figurano anche tra gli interventi prioritari previsti dalla Strategia sulla prevenzione e il riciclaggio dei rifiuti, che suggerisce lo sviluppo di strategie specifiche per materiale. Nel settore dei rifiuti urbani, persiste la necessità di individuare misure e inizia-

tive finalizzate a giungere in tempi brevi, su tutto il territorio nazionale, all'effettiva realizzazione di sistemi integrati di gestione che portino all'autosufficienza a livello di ambito territoriale ottimale, anche nell'ottica di superare le situazioni emergenziali in essere da troppi anni.

È necessaria inoltre un'azione incisiva per imprimere nuovo impulso alla raccolta differenziata finalizzata al recupero di materia, che porti quanto meno al conseguimento degli obiettivi che erano stati fissati con il Dlgs. n. 22/97 su tutto il territorio nazionale, anche mediante un maggiore e meglio delineato coinvolgimento del CONAI e dei Consorzi di filiera.

In tale ottica appare prioritario effettuare adeguate campagne di educazione e di informazione dei cittadini e curare con particolare attenzione lo sviluppo di un effettivo mercato dei prodotti ottenuti con materiali recuperati.

Con riferimento alle specifiche tipologie di rifiuti che vengono prodotte a livello settoriale, si rende opportuno incentivare lo sviluppo di tecnologie che ne ottimizzino la gestione, con particolare riferimento a quelle che consentano il recupero di materia e, comunque, il mantenimento di un elevato livello di tutela ambientale a costi sostenibili. Tra i flussi di rifiuti da considerare in via prioritaria si possono indicare, coerentemente con quanto previsto dal VI Programma d'azione, i rifiuti biodegradabili, e in particolare i fanghi di depurazione, e i rifiuti da costruzione e demolizione.

In sintesi, le azioni prioritarie dovrebbero riguardare:

- lo sviluppo della raccolta differenziata finalizzata alla valorizzazione e al riciclaggio dei materiali presenti nei RU, ivi inclusa la frazione organica destinata alla produzione di compost di qualità;
- l'aumento delle percentuali di trattamento dei fanghi di depurazione, unitamente alle deiezioni animali e ad altri rifiuti di natura biodegradabile, tramite sistemi in-

tegrati di digestione anaerobica, di gassificazione e di utilizzo del gas di sintesi per la produzione di energia elettrica;

- il recupero e l'utilizzo del biogas captato dalle discariche esistenti per la produzione di energia elettrica;
- il recupero energetico del CDR e di rifiuti e combustibili derivati da rifiuti a base di biomassa, tipicamente i rifiuti agro-industriali, i rifiuti di natura ligno-cellulosica, gli scarti di macellazione.

Per quanto riguarda i rifiuti speciali e i rifiuti pericolosi, infine, attività concrete per migliorarne complessivamente la gestione possono essere costituite dal delineare, coinvolgendo le categorie produttive interessate e ricorrendo allo strumento dell'accordo volontario, percorsi virtuosi di gestione di singole tipologie di rifiuto ancora non oggetto di specifiche direttive europee.

Il recupero energetico

La gestione del RU indifferenziato presenta forti connessioni con le problematiche energetiche, stante il ruolo non trascurabile che la valorizzazione energetica dei rifiuti può svolgere all'interno del sistema di produzione dell'energia.

Uno scenario di riferimento credibile e attuabile in Italia nel medio termine dovrebbe prevedere che la quota di rifiuti sottoposti a recupero energetico vada a collocarsi su valori prossimi alla media europea, che è consistentemente più elevata (18%) del dato nazionale (intorno al 10%): tale obiettivo è realizzabile se verranno trovati spazi e iniziative adeguati per il recupero energetico dei combustibili derivati da rifiuti in impianti industriali. È infatti opportuno rilevare che il Paese si trova a dover comunque affrontare l'urgenza di situazioni emergenziali e la disponibilità di notevoli quantitativi di combustibili da rifiuti (sia frazione secca che CDR) di prodotti nei numerosi impianti di selezione RU e di produzione del CDR che sono stati nel frattempo realizzati: tali

impianti di produzione dei combustibili da rifiuti, infatti, non presentano rilevanti problematiche di natura tecnica e richiedono tempi di realizzazione molto più contenuti. È dunque estremamente urgente, ma irrinunciabile anche nella prospettiva di medio termine, dare sbocco alla combustione dei rifiuti e delle frazioni combustibili derivate da rifiuti anche attraverso il recupero energetico in impianti industriali, tipicamente nelle centrali termoelettriche, nei combustori di biomassa, nei cementifici. Tale utilizzo potrebbe consentire in prospettiva il recupero di almeno 2 milioni di tonnellate all'anno di rifiuti e di CDR.

In tema di valorizzazione energetica dei rifiuti è importante evidenziare che il recupero energetico offre un concreto contributo alla riduzione delle emissioni di gas serra, che attualmente rappresenta una delle principali pressioni ambientali sul pianeta. A tale proposito, basta ricordare che il Protocollo di Kyoto impegna gli Stati membri dell'Unione Europea a ridurre, nel periodo 2008-2012, le emissioni totali di gas serra dell'8% rispetto al 1990. L'Italia, in particolare, si è impegnata per una riduzione del 6,5% delle proprie emissioni, corrispondente a circa 100 milioni di tonnellate/anno di CO₂ equivalente.

Si calcola che gli interventi sul ciclo dei rifiuti urbani possano consentire una riduzione di oltre 15 milioni di tonnellate/anno di CO₂ equivalente, pari al 15% dell'impegno assunto dal Paese. I contributi più rilevanti scaturiscono dalla riduzione delle emissioni di metano da discarica, dal conseguimento degli obiettivi di raccolta differenziata finalizzata al riciclo dei materiali e dall'incremento della quota di combustione dei rifiuti con produzione di energia.

La gestione dei combustibili derivati da rifiuti

Come detto, la valorizzazione energetica dei rifiuti può svolgere un ruolo non trascurabile all'interno del sistema di produzione dell'energia.

Se è estremamente urgente dare concreta attuazione alle iniziative volte alla combustione delle frazioni combustibili derivate da rifiuti urbani, non si può dimenticare che il discorso valido per il CDR può essere allargato a tutte le svariate tipologie di rifiuti a base di biomassa: in Italia l'esigenza di completare il ciclo integrato di gestione mediante la promozione di impianti che utilizzano rifiuti e combustibili derivati da rifiuti per la produzione di energia resta, infatti, una delle maggiori criticità.

I rifiuti costituiti anche, o soprattutto, da biomasse originate da attività agricole, zootecniche, agro-alimentari, industriali e commerciali, possono essere gassificati per la produzione di energia, o trovare impiego come combustibili alternativi in impianti, quali le centrali termoelettriche, le centrali termiche di teleriscaldamento, i cementifici, nonché in altri insediamenti produttivi a livello industriale.

I vantaggi rilevanti di tale approccio sono costituiti dalla possibilità di:

- incrementare i livelli di recupero energetico ottenibili dall'incenerimento dei rifiuti;
- ridurre gli oneri economici associati alla realizzazione di nuovi impianti;
- contribuire a ridurre il fabbisogno di smaltimento in discarica.

Nell'ambito della promozione delle fonti energetiche rinnovabili è evidente la priorità che deve essere assegnata all'utilizzo di rifiuti costituiti da biomasse ("biomasse-rifiuto"), che consente di eliminare il danno collegato a forme alternative di gestione di tali rifiuti, spesso inadeguate (smaltimento in discarica) e/o dannose per l'ambiente (rilascio incontrollato di gas effetto-serra), e di ottenere il beneficio di sfruttare il potere calorifico dei rifiuti stessi a fini energetici senza causare una emissione netta di gas effetto-serra. Giova a proposito sottolineare che le componenti rinnovabili costituiscono il 60% circa dei rifiuti urbani e del CDR, in particolare

di quello prodotto con tecniche di bioessiccazione, e non va trascurato che al contenuto di “carbonio rinnovabile” presente nei rifiuti urbani si aggiunge quello presente nei fanghi di depurazione, nei rifiuti di interi comparti industriali e nelle deiezioni animali.

La gestione dei rifiuti urbani biodegradabili (RUB)

Per il conseguimento degli obiettivi fissati dalla direttiva 1999/31/CE sulle discariche e dal Dlgs. 36/03 sono percorribili due diverse strade:

- realizzare gli obiettivi di raccolta differenziata fissati dal Dlgs. n. 22/97 (35%) per le componenti biodegradabili comunemente raccolte (come carta e cartone) a volte anche spingendosi oltre questo limite ma anche prevedere la raccolta differenziata dell'organico. Questo sistema infatti è l'unico che consente di ottenere un compost di qualità che possa avere uno sbocco di mercato e che quindi non sia nuovamente destinato al conferimento in discarica;
- puntare sull'incenerimento della frazione organica non raccolta in maniera differenziata. Il rifiuto indifferenziato può essere utilizzato per il recupero energetico tal quale, oppure trattato per divenire CDR, oppure selezionato in una frazione umida e in una secca e provvedendo quindi all'essiccazione della frazione umida prima di destinarla al recupero energetico.

Le difficoltà di alcune Regioni nel raggiungimento degli obiettivi imposti dalla direttiva RUB riflettono quelle più generali inerenti alla gestione dei rifiuti urbani, che in alcune aree stenta a decollare: la mancanza di un sistema di raccolta differenziata, delle strutture e degli impianti di selezione, compostaggio, separazione dell'indifferenziato nella frazione umida e secca, di impianti per la produzione di CDR e per la termovalorizzazione. Le Regioni che presentavano, al recepimento della direttiva

1999/31/CE, un sistema di gestione funzionante sullo schema di quanto fissato dalla normativa nazionale (Dlgs. 22/97) si sono trovate già conformi alle indicazioni comunitarie sui RUB, almeno per quanto riguarda gli obiettivi di conferimento al 2008 e 2011. Qualche misura deve essere messa in atto esclusivamente e, con tutto il necessario anticipo, per raggiungere l'obiettivo degli 81 kg/anno per abitante.

La gestione dei fanghi di depurazione delle acque reflue

I fanghi si possono definire come sospensioni acquose di solidi diversi, provenienti dai processi di depurazione delle acque reflue. Essi sono costituiti da sostanze anche molto diverse tra loro, sia per consistenza che per composizione, in relazione alla provenienza e al trattamento cui sono stati sottoposti.

L'uso dei fanghi in agricoltura è disciplinato dalla direttiva 86/278/CEE, recepita dallo Stato italiano con il decreto legislativo 27 gennaio 1992, n. 99. Tale normativa dispone che i fanghi possano essere utilizzati solo se vengono soddisfatti determinati requisiti, tra cui il rispetto dei limiti di concentrazione di alcuni metalli pesanti, sia nei fanghi, sia nei terreni destinati all'utilizzazione. Specifica inoltre le prescrizioni e le norme tecniche di utilizzo per garantire la piena ecocompatibilità del loro uso, in armonia con i principi di salvaguardia ambientale enunciati nel titolo della stessa direttiva.

Per l'utilizzazione agricola, i fanghi devono comunque essere sottoposti a idoneo trattamento per ridurre in maniera significativa il loro potere fermentescibile e gli inconvenienti sanitari derivanti dal loro uso; devono inoltre essere idonei a produrre un effetto concimante e/o ammendante e correttivo del terreno e non devono contenere sostanze pericolose in concentrazioni tali da provocare effetti nocivi sul suolo, sulla vegetazione, sugli animali e sull'uomo.

A livello europeo, la progressiva implementazione della direttiva 91/271/CEE concer-

nente il trattamento delle acque reflue urbane e la necessità di migliorare la qualità delle acque reflue depurate per un loro più ampio riutilizzo, hanno fatto aumentare il numero e l'efficienza degli impianti di depurazione, senza tuttavia che le quantità di fango prodotte aumentassero in maniera particolarmente significativa, anche grazie allo sviluppo di nuove tecnologie capaci di minimizzarne la produzione.

Oltre all'utilizzo in agricoltura, le più comuni destinazioni dei fanghi di depurazione sono lo smaltimento in discarica e l'incenerimento o co-incenerimento assieme ad altri rifiuti. Lo smaltimento in discarica è ancora largamente diffuso in Italia, ma è destinato a diminuire significativamente secondo quanto previsto dal Dlgs. 36/03, che prevede la progressiva riduzione del conferimento dei rifiuti biodegradabili in discarica e l'obbligo di trattamento prima del loro conferimento. Anche l'incenerimento o co-incenerimento dei fanghi pone qualche problematicità, in relazione ai limiti di emissione di inquinanti in atmosfera imposti dal decreto legislativo 11 maggio 2005, n. 133, attuativo della direttiva 2000/76/CE.

Il riutilizzo dei fanghi in agricoltura sembra pertanto un'opzione destinata a suscitare crescenti interessi da parte dei produttori e utilizzatori, anche in virtù delle azioni previste in sede europea nell'ambito della strategia tematica per la protezione del suolo, formalizzata dalla Commissione con la Comunicazione del 16 aprile 2002 (COM/2002/179). Tale strategia annovera, tra le principali minacce cui sono sottoposti i suoli europei, l'erosione, la diminuzione della materia organica e l'inquinamento. In tale contesto viene sottolineato il ruolo fondamentale che la sostanza organica svolge per il mantenimento delle funzioni essenziali del suolo, tra cui la capacità legante tra le particelle del terreno, che contribuisce a migliorare la resistenza all'erosione, e il potere tampone, che contribuisce a limitare la diffusione di sostanze inquinanti dal suolo all'acqua.

Le varie iniziative menzionate dalla strategia per la protezione del suolo includono la revisione della direttiva sui fanghi di depurazione e l'emanazione di una nuova direttiva relativa al trattamento biologico dei rifiuti biodegradabili (biowaste).

Tra i principali vantaggi derivanti dall'utilizzazione agricola dei fanghi di depurazione si ricorda l'arricchimento del suolo di sostanza organica, particolarmente utile negli ambienti mediterranei dove i processi di mineralizzazione sono più rapidi, nonché l'apporto di alcuni elementi nutritivi, tra cui principalmente azoto e fosforo, che consente di evitare, in tutto o in parte, il ricorso alla concimazione con fertilizzanti minerali. Ciononostante, l'uso dei fanghi in agricoltura viene frequentemente percepito come potenzialmente pericoloso a causa della loro possibile contaminazione con vari tipi di sostanze inquinanti e di organismi patogeni, la cui presenza potrebbe provocare importanti inconvenienti per l'ambiente. Sebbene la qualità dei fanghi di depurazione, in termini di contenuto di metalli, risulti notevolmente migliorata negli ultimi 15-20 anni, i motivi di maggiore preoccupazione derivanti dal loro uso sono riconducibili principalmente ai seguenti rischi:

- eccessivo o non equilibrato apporto di elementi nutritivi, principalmente azoto e fosforo, ma anche potassio e zolfo, i quali, sebbene siano presenti in forma prevalentemente organica e quindi poco lisciviabile, possono contribuire ad aumentare i rischi di eutrofizzazione degli acquiferi e di arricchimento delle falde idriche, man mano che tali elementi vengono mineralizzati;
- introduzione e accumulo di elementi inquinanti scarsamente biodegradabili, come metalli pesanti e composti organici, che interferiscono negativamente sull'attività della microflora tellurica e che possono penetrare e accumularsi all'interno delle piante, con il rischio di provocare varie patologie sugli animali e sull'uomo quando tali vegetali vengono utilizzati per scopi alimentari;

- possibile diffusione di organismi patogeni per l'uomo, gli animali e le piante, soprattutto se i fanghi vengono trattati adottando metodologie poco efficaci o inadeguate.

A distanza di 20 anni dall'emanazione della direttiva sui fanghi, l'esperienza maturata dai vari paesi europei e il progresso delle conoscenze scientifiche e tecnologiche sulla materia hanno evidenziato numerosi punti deboli, riconducibili principalmente all'insufficiente livello di protezione del suolo a lungo termine, per i possibili fenomeni di accumulo di varie sostanze inquinanti frequentemente presenti nei reflui, come metalli pesanti e altri composti tossici, persistenti o bioaccumulabili, che il più delle volte sfuggono al controllo degli operatori durante i processi di depurazione delle acque e di trattamento dei fanghi.

Alla luce delle carenze emerse dalla normativa vigente e tenendo conto dell'esigenza di migliorare il livello di sicurezza e la sostenibilità dell'impiego dei fanghi, la Direzione Ambiente della Commissione ha deciso di emendare la direttiva attualmente in vigore, elaborando a tal fine varie bozze di lavoro, che sono state sottoposte al vaglio dei vari Stati membri affinché ciascuno potesse esprimere le proprie osservazioni.

La terza e ultima bozza di lavoro porta la data del 27 aprile 2000, e pur prevedendo che il testo definitivo della nuova direttiva possa differire anche considerevolmente da quest'ultima bozza di lavoro, si ritiene tuttavia che alcuni principi generali verranno mantenuti. Tra i principali punti innovativi proposti si menzionano:

- l'estensione dell'uso dei fanghi anche alle piantagioni boschive (es. arboricoltura da legno), alle aree verdi (campi sportivi ecc.) e ai terreni bonificati;
- l'adozione di limiti di concentrazione dei metalli pesanti nel suolo e nei fanghi maggiormente protettivi, specificando la quantità media di metalli addizionabili annualmente nel terreno; viene inoltre introdotto

l'obbligo di verificare la presenza nei fanghi di alcuni composti organici, che non devono eccedere determinati limiti di concentrazione;

- la frequenza delle analisi sui fanghi è generalmente aumentata e varia in funzione del tipo di analisi da effettuare e della capacità produttiva dell'impianto; è inoltre tollerato che nel periodo di un anno il 10% dei campioni sottoposti ad analisi superi il valore soglia di ciascun parametro per non oltre il 50% del limite ammesso; tra i vari tipi di analisi, sono comprese quelle microbiologiche;
- vengono considerati due distinti tipi di trattamento dei fanghi: un "trattamento avanzato (igienizzazione)" e un "trattamento convenzionale"; i fanghi derivanti dal primo tipo di trattamento potranno venire impiegati senza particolari precauzioni, mentre varie cautele o prescrizioni sono previste per i fanghi trattati con il sistema convenzionale;
- per i fanghi provenienti dal settore industriale sono individuate le tipologie ammissibili con i relativi codici dell'Elenco Europeo dei Rifiuti;
- i produttori sono considerati responsabili della qualità dei fanghi e ne garantiscono il corretto uso; ad essi è demandato l'onere di effettuare le analisi sia dei fanghi, che dei terreni.

Bibliografia

Langenkamp H. & Marmo L. (Eds), Proceedings of "Workshop on Problems around sludge", *European Commission, Joint Research Centre, 2000.*

Rossi Marcelli A., "Il legislatore: la normativa vigente" in "I fanghi di depurazione delle acque. Guida all'interpretazione del D.L. 99/92 per un corretto uso in agricoltura", Progetto editoriale Panda, vol. 4, *L'Informatore Agrario*, pp. 135-140, 2004.

AA.VV., "Survey of waste spread on land - Final report", *European Commission DG Environment, 2001.*

AA.VV., "Disposal and recycling routes for sewage sludge. Synthesis report", *European Commission, DG Environment, 2002.*

APAT, ONR, "Rapporto Rifiuti", 2005.

Per informazioni:

maurizio.coronidi@casaccia.enea.it

La riduzione delle emissioni di gas-serra nel settore della gestione dei rifiuti: un contributo agli obiettivi del Protocollo di Kyoto

*ELISABETTA BEMPORAD, **MAURIZIO CORONIDI,
***GIULIA SAGNOTTI

*ISPESL, Dipartimento Insediamenti Produttivi ed Interazione con l'Ambiente

**ENEA, Dipartimento Ambiente, Cambiamenti globali e Sviluppo sostenibile

***Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Direzione per la Qualità della Vita

I rifiuti nell'ottica di Kyoto

Nel 2002 l'Italia ha emesso 553,8 milioni di tonnellate di CO₂ equivalenti (Mt CO₂ eq.), circa 45 Mt in più del 1990, quando erano circa 509.

Gli impegni assunti dall'Italia nel Protocollo di Kyoto, prevedono una riduzione delle emissioni del 6,5% rispetto ai valori di emissione del 1990 da raggiungere entro il 2012.

Questo equivale a raggiungere, entro il 2012, una emissione annuale di circa 476 Mt, ovvero ridurre le emissioni di circa 33 Mt rispetto al livello del 1990.

Poiché le emissioni dal 1990 al 2002 sono ulteriormente cresciute (di circa il 9%, che si va a sommare all'obiettivo di

riduzione del 6,5%) la distanza dall'obiettivo del Protocollo è attualmente di circa 80 Mt CO₂ equivalente

Il Piano d'Azione nazionale approvato con delibera CIPE n.123/2002, in applicazione della legge n. 120/2002 di ratifica ed esecuzione del Protocollo di Kyoto, ha individuato ulteriori politiche e misure per la riduzione dei livelli di emissione previsti dallo scenario di riferimento, che già include una riduzione, per ulteriore crescita di produzione energetica da fonti rinnovabili, di 6,5 milioni di tonnellate di CO₂ equivalente.

Tra le opzioni per le ulteriori misure nazionali di riduzione sono state inserite, con attinenza al tema rifiuti, la produzione di energia da biogas da rifiuti solidi urbani e da scarti delle lavorazioni agricole e agroalimentari, il recupero di rifiuti nei cementifici e la stabilizzazione della frazione organica.

E' opportuno evidenziare che le emissioni di gas serra dal settore rifiuti in Italia sono addirittura incrementate del 19% circa, come variazione 2004/1990¹. Per quanto riguarda specificamente il potenziale offerto dal settore rifiuti al risparmio di emissioni di gas serra nella generazione elettrica, in tabella 1 è riportato il numero degli impianti a biomasse, biogas e rifiuti, la potenza installata e la produzione di energia elettrica in Italia nel triennio 2003-2005^{2,3}.

Tabella 1 - Impianti e produzione da fonti rinnovabili in Italia, 2003-2005

	Numero impianti			Potenza efficiente lorda			Produzione lorda		
	2003	2004	2005	MW			GWh		
				2003	2004	2005	2003	2004	2005
BIOMASSE E RIFIUTI	257	267	277	1.086,475	1.191,751	1.199,773	4.493,0	5.637,2	6.154,8
SOLIDI (RIFIUTI+BIOMASSE)	88	94	98	829,099	923,848	915,900	3460,1	4.466,9	4.956,9
-rifiuti solidi urbani	50	53	55	445,748	511,228	526,500	1811,9	2.276,6	2.619,7
-da colture e altri rifiuti agro alimentari	38	41	43	383,351	412,620	389,400	1648,2	2.190,4	2.337,2
BIOGAS	169	173	180	257,376	267,903	283,873	1033,0	1.170,2	1.198,0
-da discariche	145	148	150	218,331	229,623	236,833	910,5	1.038,4	1.052,3
-da fanghi	5	4	5	4,452	3,512	4,714	2,7	1,2	3,2
-da deiezioni animali	10	13	14	3,378	3,973	6,843	13,2	18,5	25,7
-da colture e altri rifiuti agroindustriali	9	8	9	31,215	30,975	35,483	106,5	112,1	116,8
OBIETTIVO PER KYOTO				3.100			17.800		
% RAGGIUNTA				35%	38%	39%	25%	32%	35%

Fonte: GSE, GRITN, Statistiche sulle fonti rinnovabili, 2004-2005

Dall'attuazione delle misure previste ci si attende un incremento di energia elettrica derivante dal settore dei rifiuti che consenta di giungere al 2012 ad una produzione corrispondente a circa il 6% dell'attuale produzione lorda nazionale, mentre ad oggi ne copre soltanto il 2%. Un quantitativo che non stravolgerebbe gli equilibri del mercato energetico ma che comunque offrirebbe un contributo certamente non trascurabile.

Il Rapporto Rifiuti APAT-ONR 2005⁴ riporta, per il 2004, una produzione di energia elettrica da rifiuti urbani (RU) pari a circa 2,38 milioni di MWh, per buona parte in cogenerazione (44% circa) generati dalla termovalorizzazione di:

- 3.080.000 tonnellate di RU;
- 473.000 tonnellate di combustibile derivato da rifiuti (CDR);
- 43.000 tonnellate di rifiuti sanitari;
- 485.000 tonnellate di altri rifiuti speciali.

Il potenziale rimanente offerto dal settore è ancora molto elevato.

Altrettanto importante è la potenzialità offerta dal settore anche in termini di calore: la sostituzione di rifiuti ad elevato potenziale energetico e di combustibili derivati da rifiuti in impianti industriali può infatti offrire un contributo non trascurabile, e non soltanto nei cementifici, dove vi è ancora un notevole potenziale da sfruttare.

Analoghe prospettive in merito riguardano l'utilizzo a scopi energetici del biogas derivante da processi di digestione anaerobica di biomasse di varia natura, quali fanghi (principalmente dagli impianti di depurazione), deiezioni animali, colture e altri rifiuti agroindustriali. La digestione anaerobica dei fanghi di depurazione può risultare importante soprattutto nelle aree sensibili, dove non è pensabile ricorrere allo spandimento diretto, pratica troppo spesso abusata e

in alcuni casi responsabile di inquinamento dei suoli e delle acque.

Per quanto riguarda i rifiuti biodegradabili (ivi incluse le deiezioni zootecniche che costituiscono una fonte significativa di emissione di gas serra, in particolare di metano e di protossido di azoto) è noto che, se soggetti a degradazione anaerobica, presentano il più elevato potenziale di emissione di metano, gas serra con GWP=21 (GWP=Global Warming Potential, CO₂ GWP=1).

Su questo fronte è anche intervenuto il legislatore, che con il Dlgs. 13 gennaio 2003, n. 36, recante l'attuazione della direttiva sulle discariche, ha fornito uno specifico strumento di indirizzo verso il recupero dei rifiuti a contenuto organico, prevedendo:

- il divieto di smaltimento in discarica di rifiuti con potere calorifico maggiore di 13 Mj/kg;
- il perseguimento, in ciascun Ambito Territoriale Ottimale, di gradualità obiettivi di riduzione dei quantitativi di rifiuti urbani biodegradabili smaltiti in discarica;
- l'obbligo, per le discariche ove sono smaltiti rifiuti biodegradabili, della captazione e gestione del biogas e il conseguente recupero energetico e comunque, nei casi di impraticabilità, riferibili a discariche piccole e/o "vecchie", la combustione in torcia;
- l'obbligo di effettuare la copertura giornaliera dei rifiuti con uno strato di materiale protettivo di idoneo spessore e caratteristiche, la cui finalità implica anche che lo strato abbia un effetto ossidante nei confronti del biogas, con conseguente riduzione delle emissioni di metano.

Sono di seguito delineati i possibili contributi alla riduzione delle emissioni di gas serra connessi ad interventi sul ciclo di gestione dei rifiuti.

La raccolta differenziata

Per quanto riguarda la raccolta differenziata finalizzata alla valorizzazione dei materiali presenti nei RSU, il suo contributo alla riduzione delle emissioni di gas serra risulta molto rilevante, a seguito del risparmio energetico conseguente al minor sfruttamento di materie prime e ai ridotti consumi energetici connessi con la produzione di beni.

A tale proposito, la tabella 2 illustra una stima dei consumi energetici associati all'utilizzo di materie prime e, rispettivamente, di materiale riciclato per la produzione di alcuni materiali, tipicamente usati nelle filiere degli imballaggi.

Lo smaltimento dei fanghi di depurazione

Il destino dei fanghi della depurazione delle acque reflue (attualmente destinati per la maggior parte alla discarica) ha una influenza nella riduzione di emissioni. Pertanto l'aumento delle percentuali di smaltimento dei fanghi tramite incenerimento, compostaggio, digestione anaerobica, essiccazione spinta (oltre l'85% di secco) può dare un contributo alla riduzione rispetto al conferimento in discarica del fango tal quale. È ipotizzabile una riduzione delle emissioni legate allo smaltimento dei fanghi di depurazione nell'ordine di 300.000 tonnellate di CO₂ eq.⁵.

Tabella 2 - Consumi energetici associati all'utilizzo di materie prime o materiale riciclato⁵

Materiale	Utilizzo di materie prime (kWh/t)	Utilizzo di materiale riciclato (kWh/t)
Carta/cartone	7.600	2.700 ^(a)
Vetro	5.560 ^(b)	4.280 ^(c)
Plastica	880	600
Alluminio	17.000	850

(a) 100% di carta riciclata.

(b) Con il 30% di rottame di vetro.

(c) Con il 20% di materia prima.

Ipotizzando che la raccolta differenziata raggiunga una quota del 50% per ciascun materiale, e che il materiale raccolto sia effettivamente riciclato a parte gli scarti, la riduzione delle emissioni che è possibile conseguire risulta essere notevole e ammonta ad oltre 10 milioni di tonnellate anno di CO₂ equivalente.

Bisogna inoltre considerare che la produzione di compost da raccolta differenziata consente di ridurre l'utilizzo di fertilizzanti chimici a base di composti del carbonio di origine fossile con un risparmio stimato in 7,1 kg CO₂ eq. per tonnellata di rifiuto inviata a compostaggio⁶.

Il recupero del biogas dalle discariche esistenti

Nel 1999 erano operativi in Italia 89 impianti per la generazione di energia elettrica con il biogas captato dalle discariche di rifiuti urbani, per un totale di circa 128 MW di potenza installata e una generazione di energia elettrica per circa 566 GWh per anno⁷. Nel 2005 si è giunti a ben 150 impianti per una potenza lorda di circa 237 MW e una generazione lorda pari ad oltre 1.050 GWh, raddoppiando quasi i valori in 6 anni².

Allo stato attuale il biogas viene prodotto in quantità teorica che, a seconda delle stime, varia fra i 100 ed 200 m³/t di rifiuto e il

processo si compie in 20 anni, velocemente all'inizio e lentamente alla fine.

La potenzialità teorica complessiva di tutte le discariche italiane di produrre energia elettrica sfiorerebbe i 1.000 MW. In realtà solo una frazione di questa, circa il 30%, può essere utilizzata per fini energetici. Inoltre, la quantità di rifiuti biodegradabili destinati a discarica si ridurrà progressivamente con l'attuazione del Dlgs. n. 36/2003 e dunque anche la produzione teorica unitaria di biogas si ridurrà con essa. Sulla base di tale scenario l'ENEA, nel Libro Bianco sulle fonti rinnovabili, ipotizzava realizzabile un obiettivo di ulteriori 200-300 MW al 2008-2012⁸. Considerando però la scarsa evoluzione della produzione di energia da fonti rinnovabili negli ultimi anni, ben al di sotto delle potenzialità stimate dal Libro Bianco e dei livelli auspicati dalla direttiva 2001/77/CE, l'ENEA stesso ha successivamente elaborato uno scenario tendenziale in cui gli obiettivi sono stati ridimensionati, e in particolare per biomassa-biogas ridotti del 30%⁹. È ragionevole quindi considerare un aumento di potenza installata non superiore ai 200 MW. Poiché l'energia prodotta in questo modo è rinnovabile, essa consente di evitare una eguale quantità di energia elettrica prodotta da combustibili fossili. Inoltre, considerando che le emissioni di CO₂ prodotte in media con le fonti fossili sono stimate in 687 g CO₂/kWh netto¹⁰, con un aumento di potenza installata pari a 200 MW si otterrebbe una riduzione di circa 600.000 tonnellate di CO₂ all'anno. Anche un incremento nell'efficienza di captazione è auspicabile per ridurre ulteriormente le emissioni allineandosi ai livelli di efficienza medi europei.

Il recupero energetico di rifiuti e di combustibili derivati da rifiuti

Al fine di quantificare le emissioni di gas serra associate alla combustione dei rifiuti è necessario tenere presente che, in

accordo con la metodologia messa a punto dall'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) la CO₂ che si origina da materiali di origine biogenica non fornisce alcun contributo ai fini delle emissioni di gas con effetto serra (il carbonio contenuto nelle fonti rinnovabili è stato inizialmente rimosso dall'atmosfera tramite fotosintesi clorofilliana da parte delle piante e, in condizioni naturali, tornerebbe all'atmosfera sotto forma di CO₂ derivante da processi di degradazione; la combustione, in pratica, non fa altro che accelerare un processo che avverrebbe, comunque, in modo spontaneo).

Questo significa che la CO₂ derivante dalla combustione di fonti cosiddette "rinnovabili" non va conteggiata ai fini delle emissioni di gas con effetto serra.

Pertanto ai fini della stima delle emissioni di CO₂, che derivano direttamente dalla combustione, si è tenuto conto unicamente della frazione di carbonio che proviene da fonti fossili, pari a circa 1/3 di quello totale presente nei rifiuti urbani.

Le emissioni nette di gas serra di un impianto di termovalorizzazione dei rifiuti (espresse come kg CO₂ eq./tonnellate di rifiuto combusto) derivano, dunque, dalle emissioni lorde (CO₂ da carbonio fossile, emissioni di N₂O, emissioni legate al trasporto), alle quali vanno sottratte le emissioni evitate da altre fonti industriali (produzione di energia elettrica, recupero e riciclo dei materiali ferrosi a valle della combustione). Il guadagno netto complessivo è piuttosto variabile in funzione di eventuali pretrattamenti del rifiuto e della fonte energetica che si considera sostituita. Se ci si riferisce al RU non trattato e si considerano sia il recupero dei metalli ferrosi dalle ceneri, sia le emissioni medie di CO₂ associate alla produzione di energia nell'UE, si ottengono valori compresi tra -3 (caso di gasificazione o pirolisi con recupero di sola energia elettrica) a -348 (caso di incenerimento con recupero cogenerativo) kg

di CO₂ equivalente/tonnellata RU⁶. Considerando che uno studio ENEA ha stimato un risparmio pari a 78 kg di CO₂ equivalente/tonnellata di rifiuto urbano combusto¹¹, si ritiene che per una valutazione cautelativa possa essere ragionevolmente assunto un risparmio medio di 70 kg di CO₂ equivalente/tonnellata di rifiuto urbano combusto.

Bisogna inoltre considerare le emissioni di gas ad effetto serra evitate dal mancato conferimento del rifiuto urbano in discarica, dove la degradazione della sostanza organica genera metano, gas dotato di un elevato potere "riscaldante". Si noti, al proposito, che un moderno impianto di combustione di rifiuti per la produzione di energia elettrica (pur tralasciando eventuali sistemi cogenerativi che combinano energia elettrica e termica) consente un guadagno netto di emissioni di gas serra rispetto allo smaltimento in discarica anche se dotata di un sistema di captazione che recuperi il 50% del biogas prodotto (destinato anch'esso alla produzione di energia elettrica). Uno studio europeo⁶ ha stimato un'emissione pari a ca. 700 kg di CO₂ eq. per ogni tonnellata di rifiuto urbano smaltito, ridotta a 327 kg di CO₂ eq./tonnellata RU se si tiene conto del sequestro di carbonio in discarica, come suggerito anche dall'US-EPA. Considerando i livelli attuali di captazione in Italia che sono piuttosto bassi e facendo riferimento ad una captazione media del 25% il guadagno in mancate emissioni di CO₂ eq. conseguibile, passando dallo smaltimento in discarica al recupero energetico dei rifiuti, può essere ragionevolmente stimato in oltre 500 kg per ogni tonnellata di rifiuto urbano smaltito. Supponendo un incremento della combustione con recupero di energia di una quantità di RU pari a circa 5,6 milioni di tonnellate all'anno (corrispondente ad un ulteriore 20% del totale dei rifiuti urbani prodotti, rispetto all'attuale 10%) sarebbe possibile evitare

l'emissione in atmosfera di circa 2,8 milioni di tonnellate di CO₂ eq. all'anno.

Passando da RU a frazione secca e a CDR il guadagno si riduce doppiamente, sia per il consumo energetico e la riduzione di massa associati al trattamento di selezione/raffinazione, sia per il fatto che, a meno che il trattamento non sia di bioessiccamento, opzione minoritaria in Italia, la frazione organica umida selezionata e stabilizzata (FOS) viene inviata a discarica. La stabilizzazione, pur essendo in grado di ridurre significativamente la capacità di generazione di biogas della FOS, è spesso condotta in modo poco efficace (non a caso alcune norme regionali stabiliscono la possibilità di riciclaggio della FOS anche in qualità di terreno di copertura in discarica, solo a fronte di un Indice di Respirazione Dinamico o Statico massimo tollerato) e dunque di fatto tale potenzialità si esplica solo in parte.

Il recupero energetico degli scarti della macellazione

Gli scarti della macellazione costituiscono un altro settore nel quale è possibile conseguire un ulteriore notevole risparmio di emissioni serra. Infatti il potere calorifico degli stessi è molto elevato e il loro recupero di energia può portare alla produzione di ingenti quantità di energia rinnovabile.

In Italia si producono annualmente più di 1 milione di tonnellate annue di scarti della macellazione senza considerare le quantità prodotte dai singoli esercizi commerciali. Attualmente esistono impianti dedicati, ma la tecnologia specifica per la combustione di questi particolari scarti al fine di ottenerne il massimo rendimento energetico è ancora da mettere a punto. Ipotizzando una produzione di energia in prima approssimazione di 1 kWh per ogni kg di scarto incenerito si ottiene una produzione di energia pari a 1.000 GWh (il totale di energia lorda prodotta nel 2005 da fonti rin-

novabili equivale a circa 50.000 GWh). Poiché il Dlgs. n. 36/2003, in coordinamento con le norme sanitarie specifiche, prescrive che i sottoprodotti di origine animale "a rischio", ora identificati come materiali di categoria 1 e 2, non possono più essere ammessi in discarica, mentre i materiali di categoria 3 possono esserlo solo previa trasformazione in impianti con requisiti piuttosto stringenti e dunque con costi considerevolmente elevati, si assisterà alla progressiva eliminazione di una fonte considerevole di effetto serra, che si andrà ad aggiungere alla quota di emissioni evitate dalla produzione di energia da fonte fossile. Si stima che le emissioni evitate equivalgano a circa 690.000 tonnellate di CO₂.

La combustione di colture e altri rifiuti agro-industriali

La produzione lorda di energia elettrica in Italia nel 2005 derivante da colture e altri rifiuti agro-industriali, ammontava a 2.454 GWh (di cui la maggioranza da combustione diretta)³. Le emissioni evitate (che corrispondono alla stessa quantità di energia prodotta con fonti fossili e che, come già detto, sono valutate a 687 g per kWh prodotto) ammontano pertanto a circa 1.680.000 tonnellate di CO₂. Queste quantità (energia prodotta e corrispondenti emissioni evitate) non sono affatto trascurabili anche per l'ampia possibilità di sfruttamento della materia prima. Sebbene l'impatto in termini di occupazione di suolo sia molto elevato, l'incremento della quantità di energia prodotta con queste fonti rinnovabili può pertanto fornire un importante contributo alla riduzione delle emissioni previste dall'applicazione del Protocollo di Kyoto.

Conclusioni

Con l'insieme degli interventi analizzati per il settore rifiuti sarebbe quindi possibile conseguire una riduzione delle emissioni di gas serra pari a circa 16 mi-

lioni di tonnellate di CO₂ equivalente. Si tratta del 20% dell'obiettivo di riduzione fissato dal Protocollo di Kyoto (-6,5% rispetto ai valori del 1990, ovvero oltre 75 milioni di tonnellate di CO₂ equivalente). Va sottolineato che in questa fase la valutazione è stata effettuata esclusivamente ai fini del contributo a tale obiettivo e che una valutazione complessiva dell'efficacia dell'adozione di tali politiche non può prescindere da un bilancio ambientale complessivo, ovvero da una valutazione anche delle altre categorie d'impatto.

Bibliografia

1. EEA, Annual European Community greenhouse gas inventory 1990-2004 and inventory report 2006, Technical report No 6/2006.
2. GSE, Gestore dei Servizi Elettrici, Statistiche sulle Fonti rinnovabili in Italia, anno 2005.
3. GRTN, Gestore del Sistema Elettrico, Statistiche sulle Fonti rinnovabili in Italia, anno 2004.
4. APAT-ONR, Rapporto rifiuti 2005, Volume I - Rifiuti Urbani.
5. P. DE STEFANIS, P.G. LANDOLFO, G. MININNI Gestione dei rifiuti ed effetto serra, Conferenza nazionale energia ambiente, 1998.
6. AEA TECHNOLOGY, A. SMITH, K. BROWN, S. OGILVIE, K. RUSHTON, J. BATES, Waste Management Options and Climate Change Final report to the European Commission, DG Environment, July 2001.
7. S. PICCININI, biogas: produzione e prospettive in Italia, Convegno Nazionale sulla Bioenergia, Roma, 12 maggio 2004.
8. ENEA, Libro Bianco per la valorizzazione energetica delle fonti rinnovabili, Roma, aprile 1999.
9. ENEA, Le Fonti Rinnovabili 2005, Lo sviluppo delle rinnovabili in Italia tra necessità e opportunità.
10. ENEL, Rapporto Ambientale 2005.
11. P. DE STEFANIS - Metodologia di stima delle emissioni di gas serra dalla combustione di rifiuti - relazione presentata al 3° convegno Nazionale "Utilizzazione termica dei rifiuti" Abano Terme (PD), 31 maggio-1 giugno 2001.

Per informazioni:

maurizio.coronidi@casaccia.enea.it

Scenari europei di approvvigionamento dell'idrogeno e possibile apporto del Nord Africa

RAFFAELE LIBERATORE,
ANTONIO MATTUCCI,
PIETRO TARQUINI

ENEA

Dipartimento Tecnologie
per l'Energia, Fonti Rinnovabili
e Risparmio Energetico

studi & ricerche

La crescita della domanda energetica e i problemi ambientali dovuti all'attuale utilizzo di combustibili fossili, fanno prevedere una società futura basata sul vettore energetico idrogeno.

La Commissione Europea, a questo proposito, finanzia progetti integrati (HyWays o Encouraged) ai quali l'ENEA ha partecipato attivamente. Questo articolo introduce tali progetti e mostra uno scenario energetico relativo all'approvvigionamento in Sud Europa di idrogeno prodotto da fonti rinnovabili, quali eolica o solare nei Paesi del Nord Africa

Integrated analysis of European hydrogen-supply scenarios and potential contribution from North Africa

Abstract

The growth of energy demand and the pollution problems due to the present fossil fuel utilization let foresee a future society based on hydrogen as energy vector. The European Commission is studying the best solutions to manage this important change by integrated projects like HyWays or Encouraged, to which ENEA has participated. This paper introduces these projects and shows an energy scenario concerning a South European hydrogen supply from North Africa Countries, produced by renewable energy sources like wind or sun

Le previsioni dell'offerta di energia in Europa per il medio-lungo termine indicano ancora un forte ricorso all'uso di combustibili fossili, le cui riserve, in particolare per il petrolio e il gas naturale, si vanno sempre più concentrando in poche aree geografiche. Altri grandi paesi consumatori di energia si sono presentati sul mercato e la loro domanda è prevista in continua crescita. Il controllo delle riserve di petrolio e metano pone già ora una serie di problemi geopolitici, alcuni sfociati in conflitti militari, che presumibilmente andranno ad acuirsi nel tempo. Uno scenario energetico, basato prevalentemente sui combustibili fossili pone non pochi problemi, in particolare per l'Europa, legati alla sicurezza delle importazioni di energia, oltre a provocare forti preoccupazioni per il degrado dell'equilibrio dell'ecosistema dovuto alle emissioni di gas serra.

Risulta quindi opportuna una politica che agisca sulla diversificazione delle fonti energetiche e delle aree di approvvigionamento, sull'aumento della quota di fonti energetiche rinnovabili, sulla ricerca di nuovi combustibili e sull'incremento delle efficienze delle tecnologie di conversione delle filiere energetiche.

A questi problemi la Commissione Europea sta dedicando da tempo particolare attenzione attraverso studi e raccomandazioni che cercano di individuare le soluzioni più efficaci per il soddisfacimento della domanda di energia.

L'idrogeno gioca un ruolo importante nelle strategie indicate dalla Commissione e può essere visto come un ponte verso il futuro, dove la quota di energia fornita dalle fonti rinnovabili dovrebbe assumere la porzione prevalente.

Sfortunatamente la disponibilità nell'Unione Europea di fonti rinnovabili a costi convenienti per la produzione di idrogeno non è molto elevata, per cui soluzioni differenti devono essere individuate per creare in prospettiva la convenienza a utilizzare tali fonti.

Per ampliare il ventaglio delle opzioni a disposizione è utile considerare che, invece di produrre l'idrogeno direttamente nei paesi dove deve essere consumato, questo possa essere importato dai paesi vicini, come avviene attualmente per altre fonti, ad esempio il gas naturale. Tale opzione potrebbe diventare importante nel lungo termine. È quindi utile identificare le possibili soluzioni per la produzione e l'approvvigionamento dell'idrogeno da paesi extra-europei e fare una prima valutazione dei costi e degli altri requisiti che dovrebbero essere assicurati per poter realizzare le importazioni di idrogeno. Particolarmente importanti a questo fine sono le regioni del Nord Africa, dove la grande disponibilità di fonti rinnovabili, come l'eolico e il solare, potrebbe dare enormi prospettive alla produzione di idrogeno, qualora tutti i criteri di fattibilità e convenienza risultassero soddisfatti. Ciò consentirebbe, ove l'analisi fosse positiva, di mettere a punto una strategia energetica capace di affrontare e risolvere nel lungo termine la questione dell'approvvigionamento di energia per l'Unione Europea.

L'analisi degli approvvigionamenti da paesi extra-europei è stata eseguita dall'ENEA nel contesto del progetto ENCOURAGED, un'azione di coordinamento cofinanziata dalla Commissione Europea nell'ambito del VI Programma Quadro, che mira a valutare nel breve, medio e lungo termine i corridoi che consentono l'importazione dei tre vettori energetici principali: l'elettricità, il gas naturale e l'idrogeno, cercando di affrontare le problematiche specifiche attraverso una metodologia generale.

La struttura energetica europea

In due rapporti della Commissione Europea dal titolo "Green paper: Towards a European Strategy for the security of energy supply"[1] e "Report on the Green paper on energy - Four years of European initiatives"[2], è stata ampiamente manifestata la necessità di incrementare e diversificare l'offerta di ener-

gia, usando fonti pulite e rinnovabili e di aumentare le efficienze e l'economicità delle tecnologie di conversione dell'energia. In particolare è stato indicato che l'Unione Europea (UE25: Unione Europea a 25 Stati membri) guarda al futuro del settore dell'energia cercando di rispondere contemporaneamente alle due grandi sfide:

- 1) i cambiamenti climatici (le emissioni di gas a effetto serra) e l'inquinamento (la qualità urbana dell'aria);
- 2) la sicurezza degli approvvigionamenti di energia.

1) Cambiamenti climatici e inquinamento

Le emissioni di anidride carbonica sono l'oggetto di un dibattito mondiale sulla sostenibilità energetica e la stabilità del clima globale. Anche se è molto difficile determinare i cambiamenti climatici globali risultanti dall'aumento della concentrazione dei gas serra (Green House Gas: GHG), sembra ormai accettato che una condizione "sostenibile" può essere raggiunta se si riesce a limitare la presenza atmosferica dei GHG al disotto di un valore pari a 550 parti per milione in termini di concentrazione equivalente di CO₂¹, considerato dagli esperti come il valore massimo accettabile per evitare

cambiamenti significativi del clima globale.

In questa prospettiva, il Protocollo di Kyoto, stipulato nel dicembre 1997, rappresenta la prima azione internazionale comune verso il controllo e la limitazione delle emissioni di GHG; occorre però notare che, sebbene gli obiettivi di riduzione siano difficili da conseguire per gran parte dei paesi dell'Unione, i limiti indicati dal Protocollo sono solo il primo passo di un lungo percorso. È infatti presumibile che in futuro si richiederanno ben più consistenti riduzioni delle emissioni dei GHG e ciò non potrà non avere ripercussioni alquanto significative negli impieghi dell'energia. Il motivo principale della crescita delle emissioni dei GHG è la domanda di energia, che è aumentata a un tasso di circa 1-2% per anno nell'ultimo periodo in Europa. La crescita della domanda è generata soprattutto dai settori residenziale, commerciale e dei trasporti. Nonostante si sia realizzata una consistente riduzione dell'intensità energetica (maggiore risparmio di energia, maggiore efficienza negli usi finali), la maggiore domanda per più alti livelli di confort ha condotto a un più alto consumo pro capite. È previsto che i tassi di consumo di energia continuino ad aumentare, almeno fino al 2030, come mostrato in figura 1, anche se l'andamento tendenziale mostra che la crescita sarà meno marcata.

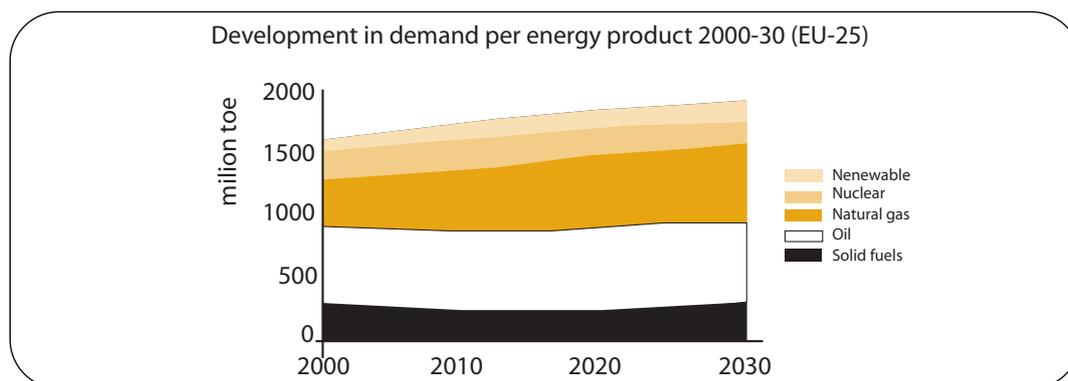


Figura 1
Previsione della domanda di energia per l'Unione Europea fino al 2030 in milioni di tonnellate equivalenti di petrolio
Fonte: European energy and transport – Scenarios on key drivers, European Commission, 2004

¹ Essendo parecchi i gas che possono produrre l'effetto serra si è creata una scala relativa del loro valore climaterante, paragonandone gli effetti a quelli prodotti dalla CO₂. In tal modo il contributo risultante di tutti questi gas può essere valutato attraverso una media pesata dei singoli contributi. Ciò è necessario per evitare che, considerando solo la CO₂ emessa, si pervenga a valutazioni troppo ottimistiche.

2. La sicurezza degli approvvigionamenti di energia

Le analisi della dipendenza futura da fonti di energia esterne all'UE25 (Unione Europea a 25 membri) mostrano chiaramente due aspetti:

- l'UE25 si approvvigionerà sempre più da paesi non appartenenti all'Unione e tale dipendenza, estrapolata sulla base dell'assetto attuale, raggiungerà il 70% nel 2030 (il recente allargamento a nuovi Paesi membri non modifica questa considerazione);
- l'UE25 ha scarse possibilità di influenzare positivamente le condizioni per le importazioni dell'energia; in particolare l'UE25 può intervenire solo sul lato della domanda, promuovendo principalmente il risparmio di energia negli edifici e nei trasporti.

Per evitare o ridurre i rischi futuri di insufficienza o mancanza di energia, la garanzia migliore per la sicurezza degli approvvigionamenti è chiaramente l'incremento della diversificazione delle fonti primarie e dei fornitori di energia.

Il ruolo dell'idrogeno

Nel citato "Report on the green paper on energy - Four years of European initiatives" [2], per quanto attiene alla sostenibilità energetica dell'UE25, è indicato esplicitamente che "l'Idrogeno è bene collocato nel campo"². Infatti l'idrogeno costituisce una soluzione valida per affrontare positivamente entrambi gli aspetti: il controllo delle emissioni e la sicurezza degli approvvigionamenti di energia. Tutto questo se si riesce a realizzare un grande mercato per tale vettore energetico, le cui peculiarità sono:

- non emettere, l'CO₂ né altri inquinanti atmosferici negli usi finali;
- essere ottenuto da una grande varietà di fonti primarie sia fossili che rinnovabili.

La possibilità di ricorrere all'idrogeno come opzione efficace deve essere valutata per risolvere nel lungo termine la maggior parte dei problemi energetici, attraverso la definizione e la caratterizzazione di possibili scenari di dispiegamento.

Scenari di dispiegamento dell'idrogeno nell'Unione Europea

Per valutare l'opzione idrogeno nel mercato energetico devono essere prese in considerazione tutte le fasi più importanti che caratterizzano la sua filiera. Gli scenari da analizzare devono quindi rappresentare adeguatamente le fasi di produzione, trasporto, distribuzione e uso finale, considerando i settori energetici dove può essere ipotizzato un uso significativo dell'idrogeno.

In tale ambito assume particolare interesse la fase di produzione, la più critica per la sicurezza degli approvvigionamenti e i cambiamenti climatici. Una strategia efficace per la produzione di idrogeno deve:

- aumentare sia le fonti primarie utilizzate nella produzione di idrogeno che i possibili paesi fornitori per abbassare i rischi di deficit energetici;
- adottare opportune soluzioni tecnologiche per separare e sequestrare³ la CO₂ emessa allorché si usano fonti fossili, riducendone in tal modo gli effetti dannosi sull'ambiente.

In diversi casi ci si è cimentati con lo sviluppo di scenari di penetrazione dell'idrogeno, soprattutto in iniziative di carattere internazionale, con una presenza significativa

²Il riferimento alla sostenibilità energetica nella traduzione virgolettata è sottinteso.

³ Negli scenari che vedono l'idrogeno prodotto da fonti fossili, si suppone che questa tecnologia potrà essere pienamente fruibile e accettata.

dell'ENEA sia nella fase di costruzione degli scenari, sia nella successiva fase di analisi. In particolare, risultanze interessanti sono state messe a disposizione da alcune iniziative, come ESTO [3] e il Progetto HySociety [4]. Più recentemente è stato attivato il Progetto HyWays [5, 6] nel quale sono stati ipotizzati e analizzati scenari di riferimento per l'idrogeno idonei a rappresentare il suo possibile dispiegamento nel mercato europeo.

Il Progetto HyWays

HyWays è un progetto integrato finalizzato a sviluppare la "roadmap" europea dell'idrogeno. Gli obiettivi di HyWays sono non solo quelli di valutare le strategie per la transizione verso una società in cui l'idrogeno possa avere una larga quota nel mercato dell'energia, ma anche quelli di favorire l'armonizzazione dei punti di vista di tutti gli operatori, sia a livello europeo che nazionale, coinvolti nella transizione. Il progetto ha come soggetti esecutori istituti di ricerca, partner industriali e strutture capaci di rappresentare le specificità delle nazioni selezionate. In corso d'opera si è estesa la partecipazione anche a tutti gli operatori dei Paesi membri (PM) selezionati per lo studio del dispiegamento dell'idrogeno, per favorire una più ampia presenza dei diversi punti di vista e garantire così la massima rappresentatività delle previsioni.

Ad esempio l'ENEA che, nell'ambito del progetto, oltre al compito di analisi degli impatti ambientali, svolge la funzione di rappresentante dell'Italia, ha organizzato a livello nazionale una serie di riunioni con rappresentanti politici nazionali e locali, industrie, istituti di ricerca, enti finanziatori e organizzazioni non governative, nelle quali sono stati discussi i possibili scenari di penetrazione dell'idrogeno in Italia e i risultati del progetto.

HyWays si articola in due fasi temporali di 18 mesi ciascuna. Nella prima fase, l'analisi dell'introduzione dell'idrogeno è condotta per sei PM: Francia, Germania, Grecia, Italia, Paesi Bassi, e Norvegia. Nella seconda fase, l'analisi è eseguita per altri quattro PM: Finlandia, Polonia, Spagna e Regno Unito. L'involuppo di tali analisi permetterà di definire la "roadmap" europea dell'idrogeno.

Primi risultati relativi alla fase I

La prima fase del Progetto si è conclusa alla fine del 2005 ed ha avuto come risultato principale la messa a punto della metodologia per valutare la "roadmap" dell'idrogeno. I risultati specifici ottenuti per i PM considerati mostrano ancora alcune lacune che richiederanno un ulteriore approfondimento per caratterizzare in modo pienamente soddisfacente la "roadmap" di ciascun paese. Ciò malgrado alcune indicazioni e conclusioni sono già chiare e mostrano già un quadro sufficientemente delineato per una futura presenza dell'idrogeno nel mercato dell'energia⁴. Di seguito sono riportati tali risultati.

Scelta delle catene⁵ energetiche

Un passo fondamentale è stato quello di definire e descrivere le tecnologie di produzione, distribuzione e consumo dell'idrogeno che sono state inserite in uno specifico database [7]. Tali tecnologie sono la base per la selezione delle catene specifiche di ciascun paese. La base di dati fornisce un mezzo per accedere a tutte le caratteristiche tecnico-economiche conosciute delle tecnologie dell'idrogeno, fornendo al contempo la possibilità di effettuare l'analisi energetica di ogni specifica catena. In tale analisi sono determinati: l'efficienza energetica le emissioni di gas serra

⁴ Un'approfondita descrizione della metodologia come pure i risultati definitivi, saranno contenuti nei documenti di HyWays che saranno pubblicati verso la fine del Progetto. I documenti già emessi sono accessibili nell'area specifica del sito web di HyWays (<http://www.hyways.de>) relativa alle pubblicazioni.

⁵ Il termine catena è sinonimo di filiera.

e i costi, dalla produzione al consumo finale dell'idrogeno.

Il processo di selezione delle catene dell'idrogeno per i sei paesi partecipanti alla fase I è stato effettuato combinando lo specifico quadro socio-politico di ogni paese con la disponibilità delle informazioni nel database.

Le scelte risultanti di tutti i sei PM indicano che questi condividono il punto di vista sull'importanza dell'applicazione dell'idrogeno al settore dei trasporti e, in particolare, al trasporto su strada.

Si sono invece manifestate notevoli differenze tra le posizioni dei PM su alcune catene. Un esempio può essere rappresentato dal caso della produzione di idrogeno in impianti centralizzati che utilizzano carbone, dove poi l'idrogeno è usato principalmente per alimentare im-

pianti a ciclo combinato per la generazione di energia elettrica. Questi nuovi impianti possono essere ottimizzati per la cattura e il sequestro della CO₂ e sono quindi in linea con una migliore sostenibilità ambientale.

Paesi come l'Italia e gli Stati Uniti sono propensi a considerare tali catene appartenenti al mercato dell'idrogeno e quindi contribuiscono ad incrementarne la quota d'uso, mentre in altri paesi esistono punti di vista diversi, in base ai quali questi tipi di processi energetici non vanno inseriti nella filiera dell'idrogeno se non per la quota destinata ad altri usi.

In questo dibattito, l'ENEA ha avuto la funzione di sostenere presso gli altri "partner" del Progetto questo approccio, che è stato poi adottato da tutti.

Tabella 1 - Filiere per l'idrogeno considerate in HyWays

		France	Germany	Greece	Italy	Norway	Netherlands	
Feedstock	NG	x	x	x	x	x	x	
	Electricity	x	x	x	x	x	x	
	Biomass	x	x	-	x	x	x	
	Waste	-	-	-	x	-	-	
	Coal	-	x	x	x	-	x	
	By-product	-	x	-	-	x	-	
H ₂ Production	SMR	Central	x	x	x	x	x	
		Onsite	-	x	-	x	x	x
	Electrolysis from mix electr.	Central	x	x	-	-	-	-
		Onsite	x	x	-	x	x	-
	Electrolysis from onshore wind power	Central	-	-	x	-	x	-
		Onsite	-	x	x	x	x	-
	Electrolysis from offshore wind power	Central	-	x	-	-	-	x
		Onsite	x	-	-	-	-	-
	Gasification of residual wood	x	-	-	x	x	-	
	Gasification of waste wood	-	x	-	-	-	-	
	Gasification of farmed wood	-	x	-	-	-	-	
	Gasification of hard coal	-	x	x	x	-	x	
Gasification of municipal waste	-	-	-	x	-	-		
Gasification of biomass	-	-	-	-	-	x		
Distribution	Filling-station	x	x	x	x	x	x	
	CHP (FC)	x	x	-	x	-	x	
	CHP (ICE)	x	-	x	-	x	-	
	Heating boiler	-	-	-	-	-	-	
	CCGT	-	x	-	x	-	-	

Fonte: "MARKAL model extensions and results for HyWays Phase I" HyWays Project

L'impatto dell'idrogeno sul sistema energetico

In tabella 1 è riprodotta la lista delle filiere energetiche considerate per tutti gli Stati membri presi in considerazione nella prima fase del progetto.

Sono stati analizzati tre scenari principali [6]. Il primo, lo scenario base, fornisce la previsione futura, secondo un'evoluzione del tipo "business-as-usual", necessaria per poter confrontare i vantaggi/svantaggi legati all'introduzione dell'idrogeno nel sistema energetico. Gli altri due scenari descrivono le possibili penetrazioni dell'idro-

processi di conversione rendono più semplice la separazione della CO₂ e quindi il successivo sequestro. La produzione da fonti rinnovabili entra invece più lentamente nel mercato. Infatti i costi ancora relativamente elevati di parecchie fonti rinnovabili ne limitano l'adozione nella produzione massiva dell'idrogeno.

Tra le fonti rinnovabili più promettenti si collocano le biomasse, in particolare per la produzione di idrogeno in unità di gasificazione di piccola e media taglia, collegate a reti di distribuzione locali. In un contesto meno ampio ciò vale anche per

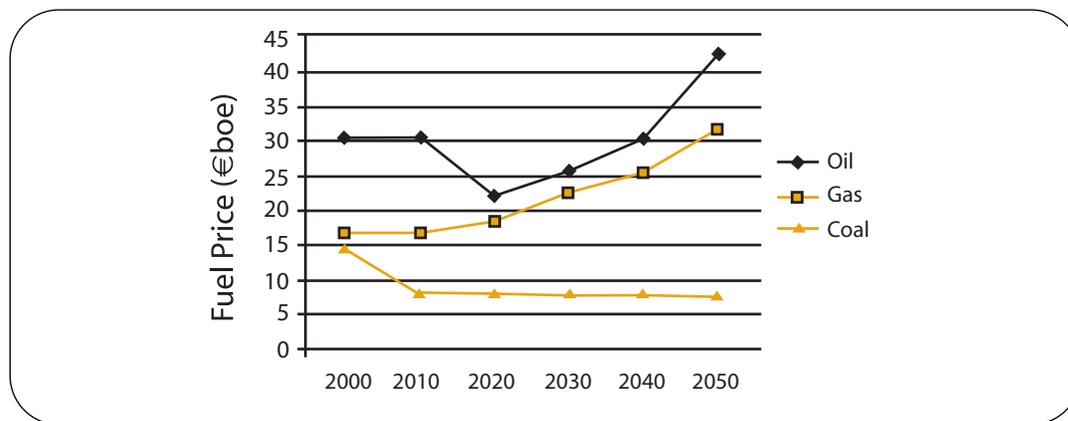


Figura 2
Previsioni dei costi delle fonti energetiche primarie in €/barile di olio equivalente.
Fonte: "HyWays: a European roadmap" – HyWays Project

geno in una prospettiva futura di mercato di tipo ottimistica e una caratterizzata da una penetrazione più lenta.

Un parametro molto importante, che condiziona fortemente l'evoluzione dello scenario base, è il costo delle fonti primarie, riportato in figura 2.

Fino al 2030, la produzione di idrogeno da combustibili fossili, nell'ipotesi che il processo di cattura e sequestro delle emissioni di anidride carbonica (CCS: Carbon Capture and Storage) sia ampiamente dimostrato dal punto di vista tecnico-economico e accettato da quello sociale, contribuisce con la percentuale maggiore. Ciò è spiegabile con l'alto grado di maturità raggiunto dalle tecnologie di produzione da fossili, le loro ampie disponibilità di approvvigionamento, in modo specifico per il carbone, che abbassano conseguentemente il costo dell'idrogeno prodotto. I

altre rinnovabili di tipo intermittente, come l'energia eolica in periodi di bassa richiesta di energia elettrica. A livello di intera Europa, il contributo da parte delle risorse rinnovabili rimane comunque limitato sebbene crescente nel tempo.

Effetti del dispiegamento dell'idrogeno in Italia

Lo scenario risultante per l'Italia al 2050 è stato basato su alcune assunzioni che vengono riportate di seguito:

- realizzare un parco veicolare di 15 milioni di autovetture equivalenti a idrogeno circolanti (circa la metà del parco delle autovetture attualmente circolanti);
- aumento della produzione dell'idrogeno da fonte rinnovabile, che all'inizio non prevede alte percentuali, portandola a un valore pari a circa il 33%;

- destinare il 40% dell'idrogeno prodotto, indipendentemente dalla fonte primaria, alla trazione e il restante 60% alla produzione di energia elettrica;
- utilizzare per la produzione combinata e distribuita di energia elettrica e di calore l'idrogeno prodotto da fonti rinnovabili (che sono per loro natura distribuite sul territorio) e destinare l'idrogeno prodotto dagli impianti a fonte fossile (gas naturale, carbone) alla produzione centralizzata di energia elettrica anche in impianti cogenerativi ove sia economicamente conveniente.

Con queste premesse si è realizzato uno scenario che al 2050 è caratterizzato da livelli di produzione e consumo dell'idrogeno pari a poco meno di 5 milioni di tonnellate/anno, pari a circa 14 milioni di tonnellate equivalenti di petrolio, pari a poco più del 10% di quelle consumate in Italia nel 2002. In definitiva sulla base dello scenario che si è teorizzato, l'idrogeno risulta ancora, al 2050, in una fase di espansione, in quanto la sua penetrazione nei settori finali (trasporto, produzione di energia e residenziale) è tutt'altro che giunta alla saturazione.

Limitandosi a fornire le indicazioni macroscopiche risultanti dal Progetto Hy-Ways per l'Italia, che sono ancora oggetto di possibili assestamenti per lo scenario più ottimistico, si può dire che:

- la produzione centralizzata di idrogeno basata su combustibili fossili (gas naturale e carbone) fornisce la quota maggiore con costi di produzione totali pari a 5,6 c/kWh (corrispondenti a un costo equivalente di circa 88 \$ per barile di petrolio);
- si perviene a una sensibile diminuzione della CO₂ prodotta nei trasporti, grazie al ricorso nelle fasi di produzione dell'idrogeno alle fonti rinnovabili e a processi di cattura e sequestro della CO₂ per quelle fossili, permettendo un

più facile raggiungimento degli obiettivi di riduzione Kyoto e post-Kyoto;

- si ha un uso significativo delle fonti rinnovabili per la produzione di idrogeno, come conseguenza di specifiche politiche ambientali, considerando che la leva economica sarebbe da sola insufficiente.

Si prevede inoltre una ricaduta positiva sui posti di lavoro, che però è condizionata da importanti investimenti da parte dell'industria del settore, nelle prime fasi del dispiegamento.

Dal punto di vista ambientale, limitandosi agli inquinanti atmosferici, si verifica una forte diminuzione di tali emissioni nei trasporti, grazie alle caratteristiche dell'idrogeno.

Il Progetto ENCOURAGED

Il Progetto ENCOURAGED è un progetto europeo che si inserisce nell'area di ricerca relativa alle politiche energetiche. I suoi obiettivi sono quelli di studiare le interconnessioni di energia con le regioni vicine (Nord Africa, Medio Oriente Turchia, Europa Centrale ed Orientale, Russia, Mar Nero e Caspio, Norvegia e Islanda). Nell'ambito del Progetto ENCOURAGED, le barriere ed i benefici potenziali di una grande area di interconnessione energetica europea sono oggetto di analisi e valutazioni considerando scenari di riferimento opportuni. Di tale analisi verrà presentata la parte relativa ai corridoi di approvvigionamento dell'idrogeno, cercando di dare una risposta concreta alla domanda relativa alle condizioni che rendono fattibile l'importazione di idrogeno dai paesi confinanti. In particolare sono stati presi in considerazione alcuni aspetti economici e ambientali insieme con quelli riguardanti la sicurezza degli approvvigionamenti energetici.

Per l'aspetto economico occorre rilevare che i costi dell'idrogeno sono la risultante

dei tre contributi principali: costi delle fonti primarie/elettricità, costi di produzione e costi di trasporto/distribuzione.

Assumendo che i costi di produzione dell'idrogeno siano approssimativamente gli stessi in Europa e nei paesi confinanti, l'importazione da questi ultimi diviene economicamente conveniente allorché esiste una bassa incidenza del costo della fonte primaria che può compensare la maggiore incidenza del costo del trasporto.

Ovviamente questo riduce il ventaglio delle possibili opzioni, in quanto possono avere reale interesse solo quei paesi che sono a distanza ragionevole dal paese europeo (dove l'idrogeno sarà consumato). Il costo del trasporto dell'idrogeno è influenzato dalla distanza, dall'opzione di trasporto prescelta, dalla disponibilità di infrastrutture già esistenti (a esempio i gasdotti per il gas naturale che potrebbero essere usati anche per il trasporto dell'idrogeno) e dall'ambiente dove viene realizzato il trasporto (ad esempio il mare, nel caso il trasporto avvenga attraverso tubazioni sottomarine). Un altro fattore importante è il volume di idrogeno che deve essere trasportato dai paesi confinanti ai paesi europei interessati. Ad esempio, considerando il caso di trasporto dell'idrogeno attraverso idrogenodotti, il trasporto a lunga distanza risulta essere tanto più economico, quanto maggiore è la quantità di idrogeno trasportato. Tale soluzione diviene estremamente inefficiente e costosa se le quantità sono modeste e, in tal caso, altre soluzioni (ad esempio trasporto via nave) possono divenire più interessanti.

Il primo compito di ENCOURAGED è stato quello di individuare i paesi confinanti con l'Unione Europea più promettenti per una produzione competitiva dell'idrogeno e per la sua importazione. In quest'ambito sono stati considerati sei corridoi per sei diverse fonti primarie/elettricità in sette regioni confinanti, per un complesso di 13 potenziali corridoi di idrogeno. Il complesso dei paesi e delle fonti prese in considerazione è mostrato in figura 3.



Quota di idrogeno da importare attraverso specifici corridoi

Alla luce delle risultanze del Progetto HyWays si ha un quadro coerente dell'idrogeno che potrà essere consumato nei vari paesi membri, ma rimangono ancora da risolvere alcuni problemi per definire il livello di domanda di idrogeno che può essere soddisfatto da importazioni dai paesi confinanti con l'UE25. In particolare alcune considerazioni aggiuntive devono essere fatte per dare una risposta quantitativa univoca alle seguenti questioni:

- la domanda totale di idrogeno per l'UE25, partendo dalle previsioni dei singoli PM;
- i paesi più interessati a importare l'idrogeno attraverso i corridoi;
- la quota di domanda di idrogeno da importare.

Per il primo punto una facile soluzione può essere prospettata considerando che nel lungo termine (2050) deve essere raggiunto un alto livello di integrazione tra

Figura 3

Selezione di possibili opzioni di approvvigionamento di idrogeno da paesi confinanti

Fonte: "Hydrogen demand/supply and locations" ENCOURAGED Project

tutti i paesi dell'Unione Europea, con differenze economiche e sociali modeste e sostanziale somiglianza nei comportamenti energetici. Ciò implicherà un consumo pro capite dell'idrogeno molto simile nei diversi paesi. Si può quindi fare una stima di massima della domanda totale di idrogeno, considerando che la stessa dipenda sostanzialmente dalla popolazione.

Per quanto attiene al punto due, è abbastanza evidente che si possono considerare come candidati gli Stati geograficamente più vicini ai paesi confinanti, potenzialmente fornitori di idrogeno.

Si possono fare semplici considerazioni per dare una risposta al terzo punto. Infatti, per valutare la domanda di idrogeno per l'UE25 sono state prese in considerazione le previsioni di crescita della popolazione utilizzate nello studio "European Energy and Transport. Trends to 2030" [8], estrapolandole fino al 2050 sulla base dell'andamento tendenziale degli anni precedenti. Assumendo uno stesso consumo pro capite si può determinare la domanda complessiva di idrogeno per l'UE25 e la quota che può essere importata, come mostrato nella figura 4, da cui si evince che al 2050 la quota di importazione sarà pari al 40% dell'idrogeno consumato nel paese in esame. Perciò la domanda complessiva di idrogeno per l'UE25 al 2050 sarà pari a 140 Mtep per

lo scenario ad alta penetrazione dell'idrogeno. Ne consegue direttamente che l'idrogeno da importare dai paesi confinanti sarà pari a 55 Mtep. Deve essere sottolineato che l'idrogeno inizierà ad essere importato in quantità apprezzabili (ovvero in ordini di grandezza misurabili in Mtep) a partire dal 2040, dovendosi scontare un certo ritardo rispetto all'avvio del mercato, e che è presumibile si arrivi ad una saturazione oltre il 2050 con una quota ben al disotto del 100% per non aumentare i rischi di approvvigionamento.

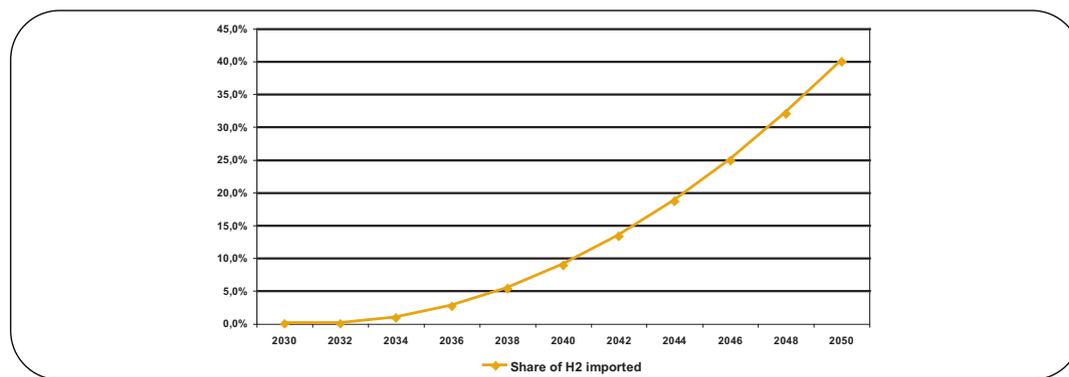
Risorse rinnovabili in Nord Africa e tecnologie di conversione dell'idrogeno

L'analisi svolta per i principali corridoi energetici dei quali l'Europa potrebbe usufruire per importare l'idrogeno può essere a sua volta dettagliata per alcune regioni specifiche.

Per quanto riguarda i paesi mediterranei, risulta evidente la possibilità di sfruttare gli enormi potenziali energetici rinnovabili costituiti dalla grande disponibilità di siti con elevata radiazione solare e, per il Marocco, anche della fonte eolica.

Per tali corridoi dell'idrogeno, l'ipotesi che si fa è che l'Algeria e la Libia possano esportare idrogeno verso l'Italia, mentre il Marocco potrebbe esportare principalmen-

Figura 4
Possibile import dell'idrogeno negli anni 2030-2050
Fonte: "Hydrogen demand/supply and locations" – ENCOURAGED Project



* Si possono fare semplici considerazioni per dare una risposta al terzo punto. Infatti per valutare la domanda di idrogeno per l'UE25 sono state prese in considerazione le previsioni di crescita della popolazione utilizzate nello studio "European Energy and Transport. Trends to 2030" (8), estrapolandole fino al 2050 sulla base dell'andamento tendenziale degli anni precedenti: assumendo uno stesso consumo pro capite si può determinare la domanda complessiva di idrogeno per l'UE25 e la quota che può essere importata, come mostrato nella figura 4, da cui si evince che al 2050 la quota di importazione sarà pari al 40% dell'idrogeno consumato nel paese.

te elettricità (o idrogeno se più conveniente) verso la Spagna e il Portogallo. In figura 5 sono mostrati i quantitativi di idrogeno importabili dal Nord Africa fino al 2050.

Di seguito vengono forniti gli approfondimenti per le soluzioni che prevedono l'utilizzo di energia solare e di quella eolica.

Scenario "solare"

Il Nord Africa, come già detto, mostra un potenziale molto grande riguardo alla produzione di idrogeno mediante impianti per la dissociazione dell'acqua utilizzando energia solare.

In questo modo, la produzione di idrogeno potrebbe aversi con un trascurabile impatto ambientale e senza emissioni d'anidride carbonica.

Le nuove tecnologie

Una valida alternativa per la produzione di idrogeno da fonte rinnovabile è costituita dall'uso dei cicli termochimici alimentati da energia solare concentrata.

La peculiarità dei cicli termochimici è basata sulla possibilità di eseguire la termolisi dell'acqua in molecole di idrogeno e ossigeno, mediante una sequenza di reazioni cicliche, che lavorano a temperature notevolmente più basse della termolisi⁷ diretta e che rigenerano, a ogni ciclo, i reagenti iniziali.

Attualmente le attività di ricerca e sviluppo a livello mondiale sono principalmente indirizzate allo sviluppo di processi basati sullo zolfo e sugli ossidi metallici.

Per quanto riguarda la famiglia dello zolfo, il ciclo termochimico zolfo-iodio sem-

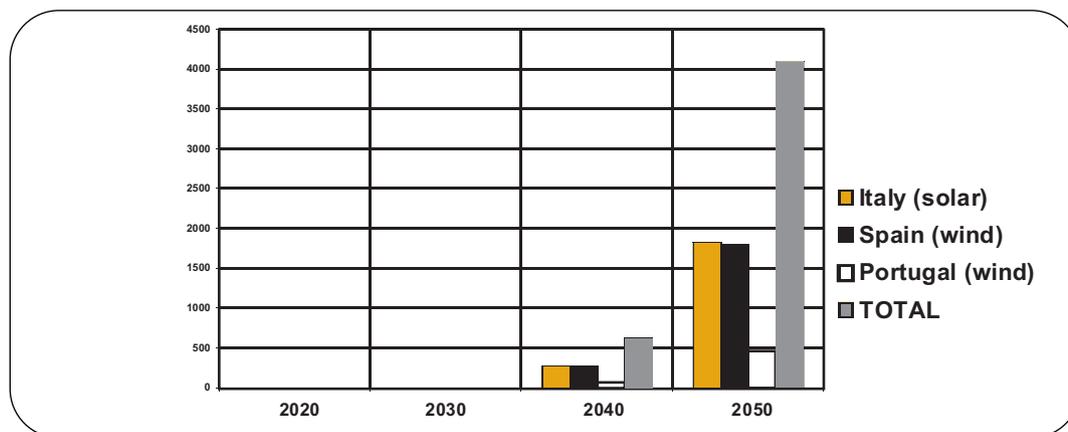


Figura 5
Idrogeno potenzialmente importabile dal Nord Africa
Fonte: "Hydrogen demand/supply and locations" ENCOURED Project

Attualmente la produzione di idrogeno da fonte solare è tecnicamente possibile con impianti di elettrolisi dell'acqua alimentati da impianti fotovoltaici; tale soluzione ha attualmente una valenza prevalentemente dimostrativa, in quanto i costi di produzione risultano estremamente elevati[11].

Ciò è dovuto sia all'elevato costo del kWh da fotovoltaico, sia all'incidenza dell'ammortamento degli impianti di elettrolisi, che verrebbero utilizzati solo per una parte (~1/4) della loro potenzialità⁶.

bra, al momento, il più promettente e diversi enti di ricerca, quali General Atomics (USA), Sandia (USA), CEA (Francia), Jaea (Giappone) ed ENEA stanno lavorando per lo sviluppo di impianti a diversi livelli di scala. In generale, si propone l'energia nucleare ad alta temperatura come fonte primaria di energia del ciclo zolfo-iodio; l'ENEA invece sta sviluppando una versione del ciclo alimentata da energia solare concentrata. Il processo chimico si basa su tre reazioni fondamentali, condotte a tre differenti livelli di tempe-

⁶ Infatti la discontinuità della fonte primaria fa sì che l'energia equivalente che può essere estratta è pari a poco più di 2000 ore a pieno regime, su un totale teorico di 8.760 disponibili in un anno.

⁷ Dissociazione della molecola attraverso la sola somministrazione di energia termica.

ratura, che vanno dagli 80 °C agli 850 °C. Attraverso queste reazioni, partendo dall'acqua come materia prima, si produce idrogeno e ossigeno. In modo sintetico il ciclo zolfo-iodio si può riassumere in una prima reazione, detta reazione di Bunsen, dove acqua, iodio e anidride solforosa, producono acido solforico e acido iodidrico; una seconda reazione dove l'acido solforico viene dissociato intorno a 850 °C in anidride solforosa, che ritorna in ciclo, e ossigeno; una terza reazione dove l'acido iodidrico viene dissociato intorno a 400 °C in iodio, che torna in ciclo, e in idrogeno che rappresenta il prodotto finale voluto. L'anidride solforosa e lo iodio, vengono completamente riciclati all'interno del processo ciclico.

Un'altra categoria di cicli termochimici si basa sull'ossidazione/riduzione di metalli. Tali cicli sono molto interessanti, perché fanno uso di poche reazioni (due o tre) e non pongono particolari problemi di corrosività da parte delle sostanze coinvolte; in generale, questa classe di processi è in una fase di sviluppo meno avanzata e per la maggior parte di essi sono richieste temperature più alte rispetto ai cicli basati sullo zolfo. Le due principali reazioni coinvolte riguardano la produzione dell'idrogeno dall'acqua a spese dell'ossidazione di un metallo e, successivamente, la riduzione dello stesso con produzione di ossigeno. Un interessante ciclo di questo tipo è quello basato sulle ferriti miste di manganese, studiato inizialmente in Giappone [12] e successivamente ripreso e modificato dall'ENEA [13,14]. Per quanto riguarda la tipologia di impianti solari in grado di alimentare i processi termochimici, possono essere considerate tre diverse soluzioni impiantistiche: torre con ricevitore centrale, collettori parabolici lineari, "dish" (concentratori parabolici puntuali).

La tecnologia solare basata sulla torre con ricevitore centrale (figura 6) permette di raggiungere elevati rapporti di concentra-

zione della radiazione solare e alte temperature nel ricevitore stesso. Essa è basata su un sistema di specchi che insegue il movimento del Sole in modo da rendere sempre perpendicolare la radiazione solare sugli specchi stessi, concentrandola verso un unico ricevitore che è montato sulla cima di una torre localizzata nel centro del campo. Il trasporto di calore al ciclo è affidato ad un fluido termovettore che, a seconda dei casi, può fungere anche da accumulatore termico o può essere un costituente del processo termochimico stesso. In quest'ultimo caso il fluido potrebbe raggiungere la temperatura necessaria per la reazione, nel caso fosse particolarmente alta. Temperature superiori ai 550 °C, infatti, sarebbero impossibili da raggiungere tramite scambio con un altro fluido termovettore allo stato liquido, mentre nel caso di scambio con un fluido gassoso potrebbero essere necessarie grosse superfici o alte pressioni. Le potenze massime raggiungibili sono dell'ordine di varie centinaia di MW per ricevitore. La tecnologia solare (figura 7) dei collettori parabolici lineari [15] ha la possibilità di inseguire la radiazione solare su un solo asse di rotazione e raggiunge fattori di concentrazione inferiori, con temperature che in genere non superano i 450 °C. Questa tecnologia è attualmente impiegata in applicazioni per la produzione di energia elettrica, i cosiddetti SEGS (Solar Electric Generating Systems) che sono in funzione in California dal 1984.

Dal 2001 anche l'ENEA è entrato nel settore con un programma di ricerca e sviluppo finalizzato alla realizzazione di questa tipologia di impianti per la produzione di calore ad alta temperatura capace di generare sia energia elettrica che idrogeno. Peculiarità della tecnologia in sviluppo presso l'ENEA è l'uso di miscele di nitrati fusi come fluido termovettore al posto dell'olio diatermico correntemente utilizzato nei SEGS. L'uso dei sali consente di raggiungere temperature nettamen-



Figure 6
Impianti solari a torre centrale: (a sinistra) Plataforma Solar de Almería, Spagna; (sinistra) e Solar Two, California

te superiori, nonché un efficiente sistema di accumulo termico [16]. A differenza degli impianti a torre, i collettori parabolici lineari permettono una maggiore modularità degli impianti che in teoria non hanno limiti superiori per la propria potenza.

La tecnologia dei "dish" consente i più alti rapporti di concentrazione con conseguenti alte temperature; il limite intrinseco è la bassa potenza erogabile, dell'ordine, al massimo, di qualche centinaio di kW per ricevitore.

I costi di produzione

È stata svolta dall'ENEA una prima valutazione del costo dell'idrogeno prodotto dal ciclo zolfo-iodio, alimentato da energia solare per due diversi siti: Sud Europa e Nord Africa.

Per la valutazione dei costi è stato considerato, come riferimento, un impianto termochimico alimentato da un impianto solare di taglia industriale medio-grande con capacità di produzione di H_2 , pari a circa 86.400 kg/giorno (500 mol/sec).

Tale impianto nel Sud Europa potrebbe operare per 300 giorni (dal 20 gennaio al 15 novembre) con una radiazione diretta (DNI: Direct Normal Insolation) di circa 1.750 kWh/(m²*anno), mentre in Nord Africa, l'ipotesi è che possa lavorare per 330 giorni l'anno, con un DNI pari a circa 2.350 kWh/(m²*anno) [17].

Per l'analisi dei costi è stato preso come riferimento l'anno 2020 poiché, per tale data, la tecnologia solare a concentrazione può essere supposta matura e il costo

degli eliostati significativamente ridotto (dal corrente 186 \$/m² ai 70 \$/m², per la tecnologia a torre solare) [17].

Dal momento che il processo zolfo-iodio richiede, per la sezione di dissociazione dell'acido solforico, una temperatura di circa 850 °C, mentre per le altre sezioni sono sufficienti temperature inferiori ai 500 °C, si potrebbe pensare di realizzare un impianto solare con due torri centrali o con un impianto a torre centrale ed uno a collettori parabolici lineari. Il primo sarebbe deputato all'alimentazione di un impianto chimico discontinuo (dissociazione H_2SO_4) che, pur lavorando otto ore al giorno, è capace di produrre la SO_2 necessaria al secondo, che invece opera continuamente per 24 ore al giorno. Questa configurazione necessita di due serbatoi di stoccaggio: uno per l' SO_2 (pressione di esercizio di 7 bar e temperatura di 25 °C) e uno per l' H_2SO_4 (pressione atmosferica e 25 °C). L'impianto solare, che garantisce l'energia a media temperatura, richiede un accumulo termico di 16 ore allo scopo di garantire che la produzione di idrogeno possa aversi



Figure 7
Impianto Prova Collettori Solari – Centro Ricerche ENEA Casaccia (Roma)

anche durante le ore notturne o di scarso irraggiamento. Un forno di riserva, che utilizza energia proveniente da risorsa fossile, è auspicabile per garantire la marcia dell'impianto anche per periodi lunghi di scarsa insolazione.

Benché il processo termochimico sia innovativo e alcune apparecchiature richiedano materiali specifici, la maggior parte dei componenti è di tipo commerciale e sono largamente utilizzati nell'industria petrolchimica. Questo aspetto favorisce lo sviluppo di tali impianti ma non fa prevedere un consistente abbattimento del loro costo nei prossimi anni. A lungo termine, dunque, la spesa da sostenere per la realizzazione dell'impianto solare dovrebbe divenire praticamente la stessa dell'impianto chimico, mentre oggi è all'incirca il doppio.

Le migliori condizioni di insolazione nel Nord Africa portano a prevedere una sensibile riduzione dei costi della produzione di idrogeno che passano dai 0,11 €/kWh, quando l'idrogeno è prodotto in Sud Europa, agli 0,081 €/kWh per il Nord Africa.

Se si considera un periodo di ammortamento più lungo (30 anni invece di 20) [17], questi costi si abbassano ulteriormente a 0,1 €/kWh per il Sud Europa e 0,074 €/kWh per il Nord Africa.

La riduzione dei costi è dovuta sia alla maggiore produzione di idrogeno di circa il 10% del Nord Africa rispetto al Sud Europa, come conseguenza della possibilità di tenere attivo l'impianto solare per un maggior numero di giorni, sia al più alto valore medio della radiazione diretta, che consente una più piccola superficie del campo specchi a parità di energia prodotta sia, infine, per il minor costo della forza lavoro.

Per l'idrogeno prodotto in Nord Africa è comunque necessario aggiungere il costo del trasporto dall'Africa in Europa, che è stato stimato pari a 0,0054 €/kWh di idrogeno prodotto, se si considera effettuato da idrogenodotti tra l'Algeria e l'Italia.

Figure 8
Zona del Sahara Occidentale

Scenario "eolico"

Il Marocco, nella regione della costa del Sahara Occidentale, dispone una grande potenzialità di energia eolica [18], in particolare nelle aree intorno a Tangeri-Tetouan, ove si ha una velocità del vento compresa in un intervallo di 8-11 m/s. La dimensione dell'area dei bacini di vento è molto ampia; la sola linea costiera si espande per circa 2.000 km, come mostrato in figura 8, e si presta all'installazione di aerogeneratori.

Nelle regioni del Marocco può essere raggiunta una densità di potenza di circa 7 MW/km² con un'operatività delle turbine di circa 4.000 ore annue. Ciò è stato confermato per alcuni siti, dove sono state fatte recentemente misure di vento. Pertanto, considerando un'area potenziale di 20.000 km² su 2.000 km di costa tra Marocco e Mauritania (ciò significa solo 10 km di larghezza), una turbina eolica di 2,5 MW/km² e 3.000 h di funzionamento medio, si può ipotizzare una produzione di circa 150 TWh all'anno. Questa produzione sarebbe sufficiente a coprire il 5% dell'intero fabbisogno dell'Unione Europea (3.000 TWh nel 2002).[19]

Una tale potenzialità è molto più grande dell'attuale richiesta di energia elettrica di tutti i paesi del Nord Africa messi insieme e sarebbe quindi impossibile pensarne un utilizzo per il solo livello locale.



L'elettricità prodotta dal vento può anche essere trasferita alla rete europea. A tal fine il problema delle infrastrutture per il trasporto di elettricità non risulta essere particolarmente critico, in quanto è già disponibile una connessione che permette di alimentare il Marocco con energia elettrica proveniente dalla Spagna. L'esportazione di una quantità di energia di 150 TWh all'anno, richiederebbe tuttavia il potenziamento delle infrastrutture per il trasferimento, non essendo sufficiente la già citata connessione con la Spagna, che nel 2000 è stata impiegata per il trasferimento di soli 2,2 TWh al Marocco. In ogni caso l'adeguamento della rete di trasmissione potrebbe essere pianificato in un periodo abbastanza lungo, ma è importante che, alla partenza della fase di esportazione, l'infrastruttura sia disponibile e possa essere usata senza modifiche per invertire il flusso di energia elettrica dalla Spagna, dove potrebbe essere trasformata in idrogeno. Ciò ridurrebbe considerevolmente l'investimento iniziale.

Una soluzione completamente differente potrebbe riguardare la conversione dell'energia elettrica in idrogeno in loco e la costruzione dell'infrastruttura per il trasporto dell'idrogeno dal Marocco all'Europa, ma questo potrebbe accrescere i costi degli investimenti, poiché dovrebbero essere costruiti idrogenodotti o navi adatte all'uso. Speciali infrastrutture, infatti, sarebbero probabilmente richieste per i porti dove l'idrogeno possa essere trasferito via nave, nel caso in cui fosse adottata questa soluzione.

Conclusioni

Il problema energetico dovuto alla diminuzione delle risorse fossili oggi disponibili, alla concentrazione delle riserve in poche aree critiche e alle questioni ambientali rende necessario procedere allo sviluppo di nuovi vettori energetici, quali l'idrogeno.

L'ENEA ha svolto vari studi per prevedere l'effetto di politiche energetiche basate sull'idrogeno, nell'ambito di diverse iniziative internazionali. Tra di esse gioca un ruolo di primo ordine il progetto HyWays, che prende anche in considerazione le strategie di transizione verso un ampio uso di tale vettore nel mercato dell'energia e lo studio della sua "roadmap" europea. Un altro progetto, in qualche modo complementare a HyWays è ENCOURED, che studia le interconnessioni di energia degli UE25 con i paesi vicini (corridoi), valutando i possibili approvvigionamenti dell'idrogeno da essi. Il lavoro svolto dall'ENEA nell'ambito di questo progetto ha riguardato la quantificazione dell'offerta economico/energetica dei corridoi di idrogeno per creare un mercato di importazione dal Nord Africa in alcuni paesi dell'Europa Mediterranea, integrandola anche con considerazioni sulle barriere presenti e i benefici che possono essere ottenuti.

È stato analizzato uno scenario energetico che considera la produzione di idrogeno da acqua mediante energia solare in Nord Africa, che potrebbe essere fattibile già a partire dal 2020, oltre alla produzione energetica da fonte eolica del Marocco.

La produzione di idrogeno da energia solare in Nord Africa è certamente un'opportunità favorevole per l'enorme potenziale di energia solare disponibile (elevata radiazione e ampia disponibilità di siti) e per il minor costo della manodopera. D'altro canto, si renderà necessaria la realizzazione di infrastrutture per il trasporto dell'idrogeno in Europa (idrogenodotti o porti adeguati a navi idrogeniere). Questi nuovi corridoi energetici, di fatto, contribuirebbero significativamente all'obiettivo strategico della diversificazione delle fonti di energia, che l'Unione Europea persegue.

Ovviamente al 2020, l'affidabilità delle tecnologie solari, che al momento sono in fa-

se di sviluppo, dovrà essere dimostrata e pienamente disponibile. Per ottenere un alto livello di maturità tecnologica dei processi termochimici alimentati da energia solare, sarà necessaria la realizzazione e la gestione di tali impianti nel Sud Europa prima che la loro applicazione possa essere diffusa in Nord Africa.

Il corridoio dell'idrogeno potrà quindi stabilirsi almeno una decade dopo (2030) a quando la tecnologia sarà pienamente fruibile e applicata su scala industriale. I paesi del Nord Africa hanno ampi territori incolti, desertici o semi-desertici (65% Marocco, 82% Algeria e addirittura 96.6% Egitto) [21], dove potrebbero essere costruiti grandi impianti solari termochimici o parchi eolici per la produzione di idrogeno con un ridottissimo impatto ambientale.

La costruzione e la conduzione di questi impianti creerebbe nuovi mercati e scambi commerciali, con benefici effetti sull'occupazione locale in aree dove la disoccupazione è molto alta (ad esempio, 24% in Algeria e 30% in Libia).

Il trasferimento tecnologico ai paesi del Nord Africa offrirebbe importanti opportunità al sistema industriale europeo, per lo sviluppo e l'esportazione di apparecchiature ad alto contenuto tecnologico: impiantistica solare ed eolica, impiantistica chimica, strumentazione e sistemi di controllo avanzati.

Ciò andrebbe a integrarsi con quanto già avviene nel settore industriale della ricerca ed estrazione petrolifera e del gas naturale.

Il possibile sviluppo della filiera solare nel Nord Africa potrebbe impattare molto positivamente sull'economia e sulle condizioni di vita delle popolazioni locali. Questo aspetto potrebbe avere anche utili ricadute sul grave problema dell'emigrazione clandestina da questi paesi.

Una delle condizioni necessarie affinché si possa procedere a un ampio dispie-

gamento degli impianti per la produzione dell'idrogeno è una adeguata stabilità politica e sociale dei paesi del Nord Africa. È chiaro che improvvisi mutamenti nella guida politica di questi Stati potrebbero causare il rigetto di accordi precedentemente stabiliti con l'Europa e ciò potrebbe mettere in serio pericolo gli approvvigionamenti energetici dell'Europa stessa.

D'altra parte, gli elevati costi di investimento per la realizzazione degli impianti potrebbero essere sostenuti solo con il ricorso a capitali stranieri, condizione che sarebbe facilitata da una stabile situazione politica in Nord Africa. Si riprodurrà quindi per l'idrogeno nel lungo termine una notevole analogia con quanto già avviene per lo sfruttamento dei giacimenti di idrocarburi liquidi e gassosi in tali aree. Le analisi effettuate hanno evidenziato che i costi di produzione e trasporto dell'idrogeno dal Nord Africa sono al momento più elevati dei costi di produzione dell'idrogeno da fonti fossili. Un'analisi più completa non può però prescindere dalla valutazione dei costi ambientali che stanno assumendo una rilevanza sempre più marcata e che non potranno più essere trascurati. La mancata contabilizzazione di questi costi tende a penalizzare il ricorso alle fonti rinnovabili, che invece possono contribuire a uno sviluppo socio-economico più rispettoso dell'ecosistema. Inoltre, la semplice valutazione economica, oltre a non tenere in debita considerazione i rischi per la salute delle persone e l'equilibrio del pianeta, non considera che occorrerebbe effettuare degli interventi complessi e certamente non a costo zero, per ripristinare le condizioni originarie. In ogni caso l'attuale alto livello dei costi delle fonti fossili e le previsioni di un loro continuo aumento tendono a riequilibrare il confronto (anche solo economico) con le fonti rinnovabili.

Bibliografia

- [1] *Green paper: Towards a European Strategy for the security of energy supply*, European Commission, 2001 http://europa.eu.int/comm/energy_transport/doc-principal/pubfinal_en.pdf.
- [2] *REPORT ON THE GREEN PAPER ON ENERGY - Four years of European initiatives*, 2005 http://europa.eu.int/comm/energy_transport/en/lpi_lv_en1.html
- [3] F. DI MARIO, A. IACOBAZZI, R. INFUSINO, A. MATTUCCI *Socio-economic Aspects of the Hydrogen Economy*, March 2003, ESTO report EUR 20668 EN.
- [4] *Integrated System Analysis of a European Hydrogen Infrastructure based on different scenarios* HYSOCIETY Project, Deliverable D5, 2004.
- [5] *The Development and Detailed Evaluation of a Harmonised European Hydrogen Energy Roadmap* HyWays Project, Contract EU-Research 502596 (SES6).
- [6] M. WIETSCHEL, P. SEYDEL, U. BUENGER, R. WURSTER *European Hydrogen Energy Roadmap* (HyWays) WHEC16 Conference, Lione, 13-16 giugno 2006.
- [7] J.M. AGATOR, J. SCHINDLER *DECISION AIDING TOOL E3 Database for Energy Emission-related and Economic regional Evaluation of Hydrogen Fuel chains* 1st European Hydrogen Energy Conference, 2-5 settembre 2003, Grenoble (Francia).
- [8] *European Energy and Transport. Trends to 2030* Directorate-General for Energy and transport, 2003, ISBN 92-894-4444-4.
- [9] M. YETANO ROCHE *Member State Profiling Report 1: ITALY*, HyWays Project document.
- [10] A. MATTUCCI *Considerations for a new Hydrogen penetration scenario in Italy*, HyWays Project document.
- [11] LIPMAN T.E. *What Will Power the Hydrogen Economy? Present and Future Sources of Hydrogen Energy*, UCD-ITS-RR-04-10, Institute of Transportation Studies – Davis One Shields Ave., University of California, July 2004.
- [12] Y. TAMAURO, S. STEINFELD, P. KUHN, K. EHRENSBERGER, *Energy* 20 (1995) 325.
- [13] F. PADELLA, C. ALVANI, A. LA BARBERA, G. ENNAS, R. LIBERATORE, F. VARSANO; *Mechanosynthesis and process characterization of nanostructured manganese ferrite*; *Materials Chemistry and Physics* 90 (2005) 172–177.
- [14] C. ALVANI, C. ANNUNZIATINI, A. LA BARBERA, F. PADELLA, L. SERALESSANDRI, F. VARSANO *New evidences on water thermolysis promoted by a ferrite-carbonate system*, *Proceeding International Energy Congress and Exhibition IHEC 2005*, Istanbul, 13-15 July 2005.
- [15] D. MILLS, *Advances in solar thermal electricity technology*, *Solar Energy* 76 (2004) 19–31.
- [16] E. METELLI, M. VIGNOLINI *Energia solare termica a concentrazione*, *Energia, Ambiente e Innovazione*, novembre-dicembre, 2005.
- [17] *Cost Reduction study for solar thermal power plants*, report prepared for the World Bank, Washington, D.C., 1999.
- [18]: <http://www.saharawind.com/>
- [19] *EU Energy and Transport in figures 2004*, European Commission, DG Energy and Transport, ISSN 1725-1095.
- [20] *Hydrogen demand/ supply and locations* ENCOURAGED Project, Deliverable VII, October 2005.
- [21] *Calendario Atlante De Agostini 2006* – Istituto Geografico De Agostini.
- [22] G.H. MARTINUS, K.E.L. SMEKENS, H. RÖSLER *MARKAL model extensions and results for HyWays Phase I* Deliverable 3.6, HyWays Project.
- [23] *HyWAYS: a European roadmap. Assumptions, visions and*, Deliverable 4.10, HyWays Project.

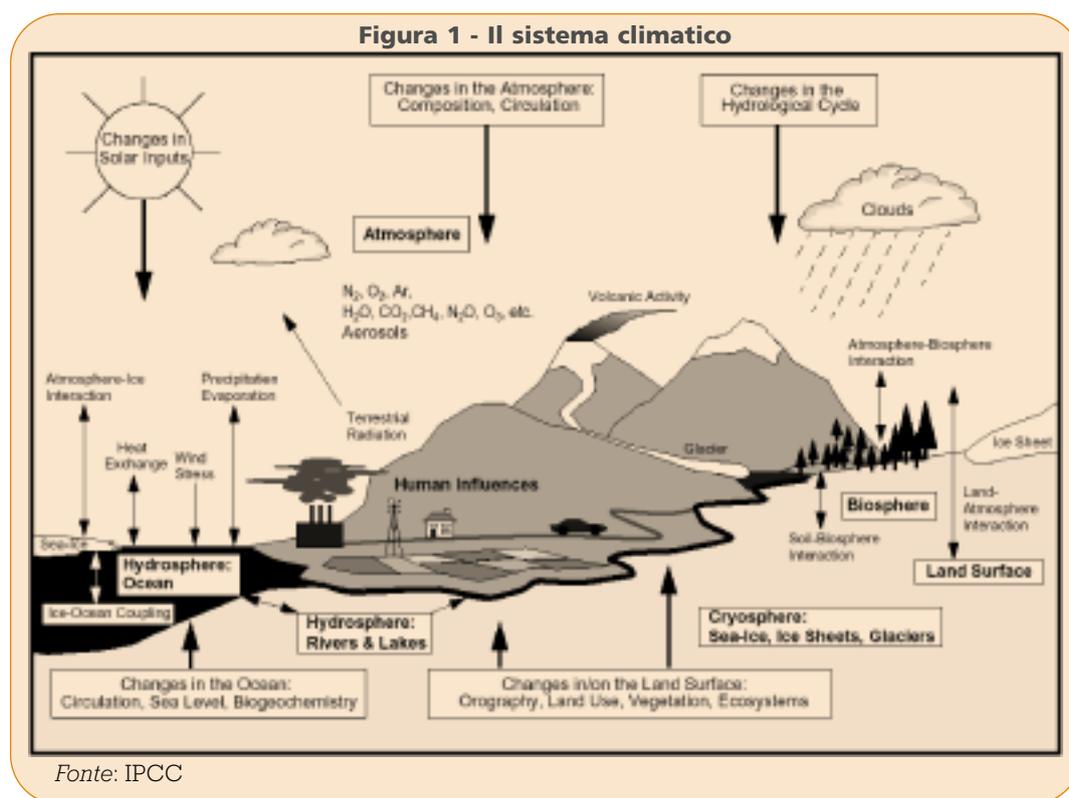
Per informazioni:

mattucci@casaccia.enea.it

tarquini@casaccia.enea.it

Effetto serra e clima

Vi è una differenza fra clima e tempo atmosferico. Il tempo atmosferico rappresenta la variazione giornaliera di parametri, quali la temperatura, la pressione atmosferica, l'umidità, il vento, la nuvolosità, la pioggia, l'insolazione, che derivano dai movimenti di aria nell'atmosfera e dagli scambi termici e di umidità. Secondo i meteorologi e i naturalisti, per clima si intende la media di lungo periodo del tempo atmosferico prevalente. In realtà il clima è lo stato di equilibrio energetico tra il flusso totale di energia entrante sul nostro pianeta, che è quasi totalmente l'energia solare, ed il flusso totale di energia uscente dal nostro pianeta, che è in parte radiazione solare riflessa dall'atmosfera, dal suolo e dalle nubi, ed in parte energia emessa o irraggiata dalla Terra nel suo insieme (figura 1).



L'energia nel pianeta circola in un sistema climatico costituito da: atmosfera, oceano, biosfera e geosfera attraverso prevalentemente il ciclo dell'acqua e del carbonio. L'equilibrio energetico a livello globale costituisce il clima globale; quello a livello regionale e locale costituisce il clima regionale e locale.

Questo equilibrio energetico è influenzato da fattori esterni al pianeta (fattori astronomici) e di conseguenza il clima cambia in relazione ad essi (ciclo principale di Milankovitch). Ma l'equilibrio energetico può essere influenzato da fattori interni al pianeta, come l'orografia e l'orogenesi, l'epi-rogenesi (il processo che origina la deriva orizzontale dei continenti e i movimenti verticali delle zolle continentali), dal vulcanismo ecc.

In tempi recenti, l'equilibrio energetico che costituisce il clima è stato perturbato da una variazione della composizione chimica dell'atmosfera con l'introduzione di gas ad effetto serra di origine antropica.

Bilancio energetico

Poiché il clima è semplicemente il risultato dell'equilibrio energetico che si stabilisce tra energia che entra ed energia che esce dal nostro pianeta, il clima potrebbe cambiare per cause esterne al sistema terrestre oppure per cause interne. Tra le prime possiamo ricordare l'eccentricità e l'obliquità dell'orbita terrestre, il suo moto di precessione, cui si aggiungono i fenomeni di oscillazione solare o le variazioni intrinseche di irradiazione solare. Quelle interne possono essere determinate dai processi di formazione delle catene montuose (orogenesi) o dai movimenti legati alla deriva continentale. A ciò si aggiunge il vulcanismo: le grandi emissioni vulcaniche di polveri e di aerosol riducono infatti l'intensità della radiazione solare incidente e provocano un raffreddamento terrestre; le emissioni invece dei cosiddetti gas serra, nelle grandi eruzioni, contribuiscono ad un generale riscaldamento, che spesso è controbalanciato dal raffreddamento concomitante prodotto degli altri gas emessi.

Variazioni della composizione dell'atmosfera

La composizione dell'atmosfera regola la trasmissione, la diffusione e l'assorbimento sia della radiazione solare incidente, sia della radiazione emessa dalla terra verso lo spazio. Se, per qualsiasi motivo, dovesse modificarsi la composizione dell'atmosfera, cambierebbe anche l'equilibrio del sistema climatico con conseguenze dirette sul clima. Ciò è oggetto di studio soprattutto alla luce del contributo al riscaldamento prodotto, a partire dal 1850, dalle attività umane (fattori forzanti umani). Tra queste, la combustione di origine fossile ed alcune attività legate a cicli di produzione industriale, rappresentano, per il contributo all'amplificazione dell'effetto serra di matrice antropica, una sorgente potenziale di ulteriori cambiamenti nell'equilibrio climatico (innalzamento della temperatura media), dagli effetti – a lunga scadenza – non ancora perfettamente valutabili. Ciò principalmente perché il sistema climatico reagisce, data la complessità delle sue interazioni, su base non lineare.

Si riporta lo schema relativo ai flussi dei bilanci energetici.

Bilancio energetico	
Costante solare	= 1367 watt/m ²
Radiazione ad onda corta entrante	= 240 watt/m ²
<hr/>	
Radiazione	Senza atmosfera
Assorbita dal suolo	= 240 watt/m ²
Temperatura del suolo	= -19 °C
<hr/>	
Radiazione	Con atmosfera
Assorbita dal suolo	= 168 watt/m ²
Emessa e scatterata ad onda lunga	= 350 watt/m ²
Temperatura al suolo	= +15 °C
Guadagno energetico	= 182 watt/m ²
Effetto serra naturale = Guadagno energetico = 182 watt/m ²	
Dalla legge di Stefan Boltzmann: ad ogni incremento di 2,5 watt/m ² , corrisponde un incremento di temperatura di 1 °C.	

A cura di Emilio Santoro
emilio.santoro@casaccia.enea.it

Heidegger, la tecnica e la crisi ambientale (II)

A cura di
FAUSTO BORRELLI

scienza, tecnica,
storia & società

Questione della tecnica e questione ambientale sono due aspetti inscindibili di un'unica tematica – quella del "senso dell'Essere" – che si snoda per oltre due millenni da Eraclito a Parmenide, da Galileo a Cartesio, da Friedrich Nietzsche a Jacques Ellul, da Oswald Spengler a Hans Jonas, da Romano Guardini a Joseph Ratzinger

Heidegger, technics and the environmental crisis (II)

The question of technics and the environmental question are two unseverable aspects of a single theme – the "sense of Being" – that has engaged western thinkers for more than two thousand years, from Heraclitus to Parmenides, from Galileo to Descartes, from Friedrich Nietzsche to Jacques Ellul, from Oswald Spengler to Hans Jonas, from Romano Guardini to Joseph Ratzinger

Premessa

Mella prima parte di questo lavoro è stata illustrata la concezione heideggeriana della tecnica moderna come disvelamento provocante e violento della natura. Nella seconda parte si cercherà di mostrare come, per Heidegger, i problemi dell'ambiente siano indissolubilmente legati al modo di operare della tecnica moderna.

La natura come “fondo per l'impiego”

Abbiamo visto come il dis-velamento della natura ottenuto con la tecnica moderna sia una provocazione violenta della natura. Ma ciò che viene così disvelato non viene usato subito in un impiego immediato ed esaustivo.

Al contrario – sottolinea Martin Heidegger – ciò che viene disvelato viene lasciato lì al suo posto per un impiego differito nel tempo.

In questo modo tutto ciò che è disvelato dalla tecnica moderna diviene, poco a poco, uno sterminato “fondo per l'impiego” a livello planetario.

Heidegger richiama con forza l'attenzione sull'espressione “fondo per l'impiego” (Bestand), espressione che dice molto di più e di diverso dalle espressioni correnti di provvista o scorta.

“Fondo per l'impiego” – avverte Heidegger – è nientemeno che il “modo di essere” che assume tutto ciò che – per opera del disvelamento violento della tecnica moderna – passa dalla non presenza alla presenza.

Accade così che tutto il “reale” (quindi anche la natura) perda per l'uomo ogni altra possibile modalità di essere diventando, soltanto e null'altro, che un “fondo per l'impiego” a livello planetario per un uso indiscriminato differito nel tempo e nello spazio.

Nell'età della tecnica moderna il destino della natura sembra segnato; le difese im-

munitarie dell'ambiente naturale sembrano cedere prima ancora delle difese immunitarie dell'uomo.

Anticipando Heidegger, nel 1931, Oswald Spengler aveva scritto che “oggi non è più possibile guardare una cascata senza trasformarla immediatamente in kilowattora”.

Eraclito “l'oscuro”: il disvelarsi o il sottrarsi della natura

Heidegger si chiede: chi compie quella provocazione violenta tramite cui la natura viene disvelata come “fondo per l'impiego”?

Evidentemente l'uomo – risponde Heidegger.

E in che misura l'uomo – incalza Heidegger – è responsabile dei “modi” in cui la natura risponde a quella provocazione? Sui “modi” del disvelarsi della natura l'uomo non ha alcun potere.

Heidegger chiarisce il senso di questa enigmatica risposta ricorrendo alla interpretazione di un frammento di Eraclito di Efeso “l'oscuro” [VI-V sec. a.C.]

Il frammento (116) è questo: “*fùsis krìp-testai filèi*”, tradotto generalmente così: “la natura ama nascondersi”. Heidegger lo interpreta in modo per noi più difficile, ma più vicino al senso greco originario: “*il disvelarsi favorisce il sottrarsi*”.

Disvelarsi o sottrarsi – per Eraclito – sono il tratto proprio del manifestarsi della natura.

Ma le “modalità specifiche” di questo “disvelarsi o sottrarsi” sono inattese.

La natura - spiega Heidegger – è completamente autonoma nelle “modalità specifiche” attraverso cui esterna il suo “disvelarsi o sottrarsi”; in particolare quando risponde a suo modo alla cieca e presuntuosa provocazione dell'uomo che la guarda soltanto come “fondo per l'impiego” a livello planetario per un uso indiscriminato differito nel tempo e nello spazio.

Se la verità è figlia del tempo, per noi che viviamo oggi in piena crisi ambientale, Eraclito "l'oscuro" non ci appare poi tanto "oscuro" quando dice: "Bisogna spegnere la presunzione ancora più che l'incendio".

Parmenide, un Heidegger del mare di Eléa

Prima di tornare alla tecnica e alla crisi ambientale dobbiamo passare un momento per il Cilento per guardare – dall'alto delle rovine del promontorio di Véllia – quell'immenso e profondo mare azzurro di Eléa davanti al quale Parmenide (VI-V secolo a.C.), colto da stupore e meraviglia, parlava del "senso dell'Essere" con Zenone, quello di Achille e la tartaruga.

Parmenide - duemilacinquecentanni prima – anticipava Martin Heidegger al cospetto dell'orizzonte sconfinato del mare azzurro del Cilento.

Duemilacinquecento anni dopo, Eraclito e Parmenide – nel 1942, durante la seconda mondiale – venivano evocati da Martin Heidegger per meditare sul "senso dell'Essere" camminando lungo i "sentieri interrotti" della Foresta Nera.

Parmenide è stato un Heidegger del mare di Eléa.

Heidegger, un Parmenide della Foresta Nera

L'azzurro profondo del mare di Eléa sta al cupo verde della Foresta Nera, come il "senso dell'Essere" di Parmenide sta al "senso dell'Essere" di Heidegger.

Le infinite onde increspate sul mare di Eléa stanno alla immensa distesa di fitti alberi della Foresta nera, come le "cose transitorie" di Parmenide stanno agli "enti finiti gettati nella temporalità" di Heidegger.

Heidegger è un Parmenide della Foresta Nera.

Chi sia stato fisicamente in quei luoghi (mare di Eléa e Foresta Nera) ha potuto facilmente "sentirli", anche oggi, come allegorie naturali di quel misterioso "senso dell'Essere" avvertito sia da Parmenide sia da Heidegger in tempi e luoghi tanto lontani e diversi.

Fra "essere" e "ente" vi è – per Martin Heidegger – una differenza abissale che lui chiama "differenza ontologica".

Questo è un punto centrale nel pensiero di Heidegger, centrale anche per capire il carattere dominante e onnipervasivo della tecnoscienza che – operando nell'universo degli "enti finiti" – perde ogni contatto con il "senso dell'Essere" che cade così nell'oblio.

Nella nebbia dell'oblio dell'Essere nascono scienza e tecnica moderna.

Scienza e tecnica moderna figlie della Metafisica

Dalle meditazioni sul pensiero di Eraclito e Parmenide, Heidegger riscopre il "senso dell'Essere" e si rende conto della laboriosa opera di dimenticanza del "senso dell'Essere" compiuta dalla Metafisica – in oltre due millenni – da Platone a Nietzsche.

Heidegger scopre il "parto gemellare" di scienza e tecnica moderna dalla concezione dell'Universo proposta da Galileo (1623): "[L'Universo] è scritto in lingua matematica e i caratteri sono triangoli, cerchi e altre figure geometriche, senza i quali mezzi è impossibile intenderne umanamente parola; senza questi è un'aggirarsi vanamente per un oscuro laberinto".

Heidegger evidenzia poi il progetto di Cartesio di conquista e dominio della natura enunciato, nel 1637, dal filosofo francese, progetto volto ad "adoperare le conoscenze a tutti gli usi ai quali sono adatte e diventare così padroni e possessori della natura".

Heidegger mostra come, dal progetto cartesiano basato sulla "misurabilità e

calcolabilità matematica” del mondo, abbia preso l'avvio l'odierno sviluppo della tecnoscienza. Sviluppo che, con la costruzione di straordinarie e potenti “strumentazioni”, ha portato al disvelamento violento di ogni esperibile, all'uso della natura come “fondo per l'impiego” e al dominio onnipervasivo della tecnoscienza.

“Signore della Terra”

L'uomo, per Heidegger, si adegua in modo così piatto e irriflesso alla imposizione della tecnoscienza da non rendersi conto di essere lui il principale succube.

Ciò che sorprende – osserva sarcasticamente Heidegger – è che proprio nel momento in cui l'uomo è sotto il giogo di questa estrema forma di dominio si ammantava orgogliosamente delle vesti di “Signore della Terra”.

Questa nuova condizione esistenziale sta prevalendo oggi su ogni altro modo di esistere e di esperire il reale (e la natura).

Nietzsche, l'eterno ritorno dell'eguale e il motore a scoppio

Il pericolo insito nella tecnica moderna – osserva Heidegger – è quello di precludere all'uomo il rapporto originario di “coappartenenza di pensare ed essere”, di uomo e natura.

Il pericolo non sta negli apparati tecnici. Negli apparati tecnici non c'è nulla di demoniaco, osserva Heidegger. È l'ignoranza dell'essenza della tecnica moderna, è lì che si annida il pericolo – continua Heidegger – e il non rendersene conto è il rischio estremo che l'uomo sta correndo. In una nota sul pensiero abissale di Friedrich Nietzsche – quello dell'eterno ritorno dell'eguale – Heidegger aveva osservato come il moderno motore a scoppio fosse la configurazione dell'eterno ritorno dell'eguale; cioè una metafora dell'impossibilità del pensiero metafisico di uscire da sé stesso, in quanto ormai indistinguibile dal-

la “volontà di potenza”, cioè dalla tecnica moderna: “Tutto funziona e questo funzionare spinge sempre verso un ulteriore funzionare; la tecnica strappa sempre più l'uomo alla terra [quando Heidegger diceva questo si stava cominciando a parlare di un uomo sulla Luna],. Tutto ciò che resta – conclude Heidegger – non è altro che una situazione puramente tecnica”.

Nei quindici anni successivi alla conferenza del 1953 tenuta alla Technische Hochschule di Monaco, il percorso della tecnica moderna è stato eccezionale.

Heidegger se ne rendeva perfettamente conto e la sua preoccupazione filosofica si accentuava.

Egli avvertiva i limiti delle sue forze e l'esiguità del cammino percorso nel tentativo di comprendere l'essenza della tecnica moderna e il suo enigmatico irrompere dal futuro.

Nel 1966, Heidegger osservava che l'uomo è sempre più dominato da una forza che non padroneggia credendo di padroneggiarla e affermava: “Non conosco nessuna strada che porti ad una immediata modifica dell'attuale stato del mondo ammesso che tale strada sia poi umanamente percorribile. Si tratta di un compito inaudito: pensare il futuro partendo dai tratti non ancora pensati dell'età attuale, senza pretese profetiche”.

“Bluff technologiques”

L'idea di una tecnica neutrale padroneggiabile dall'uomo ha dominato il cammino dell'Occidente e domina tuttora.

Ha resistito alla prova di due guerre mondiali e agli infiniti micidiali conflitti che hanno devastato il mondo dal secondo dopoguerra ad oggi.

Anzi, questi conflitti, con il mostrare gli aspetti “nuovi e tremendi” della tecnica bellica moderna, hanno predisposto gli animi all'attesa messianica degli aspetti “nuovi, meravigliosi e pacifici” di questa stessa tecnica.

Hanno cioè suscitato l'attesa di un "paradiso della tecnica", sognato e decantato nelle Esposizioni Universali dell'Ottocento e del primo Novecento.

Nel 1990, Jacques Ellul (1912-1994) – teologo luterano francese – metteva in guardia sui "Bluff technologiques" dei millantatori tecnologici a vantaggio di apparati industriali multinazionali che installano le loro fabbriche inquinanti nei paesi del Terzo Mondo per sottrarsi ai controlli ambientali.

Le meditazioni di Heidegger e il pensiero ambientalista

Le meditazioni di Martin Heidegger anticipano e integrano il pensiero ambientalista che, in genere, ignora Heidegger.

Il pensiero ambientalista si sviluppa, infatti, come riflesso speculare della crisi ambientale, della quale individua cause specifiche e propone rimedi specifici. Nel fare quest'opera meritoria, il pensiero ambientalista è portato necessariamente a parlare della crisi ambientale nei termini dell'ecologia, cioè di una dinamica di sistemi esprimibile attraverso gli strumenti delle scienze esatte.

In Heidegger questo ovviamente non c'è. La sua originalità sta invece nella insistenza martellante contro la illusoria e pericolosa credenza in una tecnica neutrale, docile e padroneggiabile dall'uomo.

Se la tecnica moderna non ha nulla a che fare con la semplice strumentalità e perciò non è padroneggiabile dall'uomo, il non riconoscerlo, questo sì, diviene – come Heidegger non si stanca mai di ripetere – il supremo rischio per l'uomo e per il mondo naturale, sottolineiamo "per il mondo naturale".

Le meditazioni di Heidegger ci portano così alle radici profonde di un incombente destino, dischiudendo il significato reale della crisi ambientale, tanto più minacciosa quanto più incompresa nelle origini e rimossa nelle conseguenze ultime, o

interpretata nei termini meno crudi del linguaggio scientifico che attenua l'immediata intuizione della gravità della incipiente crisi.

Dalla diga di Assuan alla diga delle Tre gole

In una prospettiva di provocazione tecnica della natura, l'idea heideggeriana di "fondo per l'impiego" – di cui abbiamo parlato in precedenza – è assai utile per mettere in evidenza il carattere della tecnica moderna.

Heidegger lo applica nell'esempio classico della centrale idroelettrica sul Reno, quando dice che il Reno viene "incorporato" nella centrale idroelettrica diventando così "fondo per l'impiego" a fini energetici.

Si pensi alla grande diga di Assuan in Egitto che ha incorporato il Nilo per la produzione di energia, sommergendo con i resti di una antica città egizia anche millenni di storia e di cultura.

Si pensi alle profondità oceaniche o alle cavità terrestri usate come "fondo per l'impiego" per smaltire rifiuti pericolosi di ogni genere compresi quelli radioattivi.

Si pensi al mare aperto come "fondo per l'impiego" per i residui del greggio scaricati durante il lavaggio dei contenitori delle petroliere.

Si pensi alle attività minerarie che penetrano nella terra per estrarre l'uranio naturale, per poi arricchirlo artificialmente riportando in vita elementi spenti sulla terra da milioni di anni – micidiali per ogni forma vivente.

Si pensi all'informatica che usa cultura e arte come "fondo per l'impiego" per banche-dati, omologandole in una molteplicità di immense giacenze (o fondi) di pura informazione.

Si pensi alle opere d'arte figurative – sempre più sottratte alle loro localizzazioni naturali e stipate in immensi "fondi mu-

seali” – dove vengono impiegate come richiamo dall’industria culturale legata agli interessi dell’industria del turismo.

Si pensi alla costruzione in Cina della diga delle Tre gole – la più grande del mondo – che ha sommerso, come “*fondo per l’impiego a fini energetici*”, una serie di valli fra le più belle del mondo, costringendo centinaia di migliaia di abitanti a sloggiare.

Si pensi all’immenso lago di Aral – fra il Kazakistan e l’Uzbekistan – disseccato (o quasi) a causa dell’eccessivo prelievo d’acqua per l’irrigazioni con gravi conseguenze climatiche e ambientali.

Si pensi all’atmosfera terrestre diventata “*fondo per l’impiego*” in quanto luogo di scarica dei gas inquinanti, nocivi e serba prodotti dalle attività industriali planetarie in continuo aumento.

Si pensi infine, alla esosfera terrestre usata come “*fondo per l’impiego*” da una infinita rete di satelliti orbitanti di vario tipo (anche bellici?), oltre che come “pattumiera” di rifiuti spaziali.

Secondo Heidegger, anche nel mondo greco la tecnica svolgeva una funzione di “dis-velamento” della realtà, ma si trattava non di dominio o al massimo di dominio debole senza possesso.

Oggi, invece, la tecnica svolge una funzione di dominio forte e esclusivo (di dominio con possesso).

La crisi ambientale è figlia del “dominio forte e violento” della tecnica moderna.

Hans Jonas: l’autodistruzione della civiltà tecnologica

Nel 1979, tre anni dopo la morte di Heidegger, il filosofo ebreo tedesco, Hans Jonas (1903-1993) – allievo di Heidegger negli anni venti – pubblica la sua opera etico-filosofica: “Il principio responsabilità. Saggio di un’etica per la civiltà tecnologica”; nel 1993 esce l’importante saggio: “Sull’orlo dell’abisso. Conversazioni sul rapporto fra uomo e natura”.

Per Jonas, le travolgenti scoperte della scienza e della tecnica sono in grado ormai di modificare dalle radici l’ambiente naturale e tutti gli esseri viventi, compreso l’uomo.

Per Jonas, la moderna civiltà tecnologica sta minacciando il nostro pianeta che vive “nell’imminenza di una catastrofe universale”.

Per Jonas, occorre affiancare subito all’etica tradizionale, che impegna solo il singolo individuo, una nuova etica che impegni tutta l’umanità nella difesa e salvaguardia della natura.

Soltanto così – per Jonas – si potrebbe forse evitare l’autodistruzione della civiltà tecnologica verso cui stiamo andando incontro.

Oswald Spengler: il tramonto della civiltà occidentale

Tornano qui alla mente le parole di Oswald Spengler (1880-1936) quando, nel 1931, parlava del tramonto della nostra civiltà occidentale “faustiana”, così concludendo il suo saggio “L’uomo e la tecnica”: “Il tempo non si può fermare: non vi sono saggi ritorni, né prudenti rinunzie. Soltanto i sognatori sperano nelle vie di uscita. L’ottimismo è poltroneria. Siamo nati in questo tempo e dobbiamo percorrere fino alla fine la via che ci è destinata. È dovere tener fermo, come quel soldato romano le cui gambe furono trovate a Pompei davanti ad una porta. Morì perché, quando scoppiò l’eruzione del Vesuvio, si dimenticarono di rilevarlo dal suo posto di guardia”.

Romano Guardini: rischi del presente o possibilità del futuro?

Mancheremmo però di *fair play* se concludessimo con lo stoicismo tragico di Oswald Spengler e con il catastrofismo di Hans Jonas.

Cominceremo allora a concludere con il teologo cattolico tedesco, Romano Guardini (1885-1968) originale interprete - prima di Heidegger - del senso della tecnica moderna.

Nel suo discorso su "La situazione dell'uomo", tenuto nel ciclo di conferenze alla Technische Hochschule di Monaco nel 1953 (alla quale anche Heidegger partecipò con la sua famosa conferenza su: "La questione della tecnica"), Guardini disse all'incirca questo:

"Parlando di tecnica, si tratta di far risaltare il presente rispetto al passato; più precisamente, si tratta di far risaltare uno stato presente ancora indeterminato (che si trova in un violento movimento) rispetto ad altri stati che si sono formati in un lungo processo e si sono sedimentati in modi fissi e determinati. Nel confronto fra il presente e il passato, gli aspetti negativi del nuovo emergono in modo particolarmente evidente. Si avverte infatti più facilmente la consapevolezza delle perdite, che non quella delle nuove conquiste. Bisogna allora tener sempre presente (nel giudicare) che i rischi del presente potrebbero anche essere possibilità del futuro.

Heidegger: il domandare è la pietà del pensiero

Continuiamo ancora con Martin Heidegger quando, ispirandosi a un verso di Hölderlin, ci offre un tenue enigmatico barlume di speranza:

"Quando più ci avviciniamo al pericolo, tanto più cominciano ad illuminarsi le vie verso ciò che salva, e tanto più noi domandiamo. Perché il domandare è la pietà del pensiero".

Benedetto XVI sull'ambiente, la scienza e la tecnica

Dal messaggio di Benedetto XVI del 27 agosto 2006:

"Il creato, gran dono di Dio, è esposto a seri rischi da scelte e stili di vita che possono degradarlo. Il degrado ambientale rende insostenibile particolarmente l'esistenza dei poveri della terra. Occorre impegnarsi ad aver cura del creato, senza dilapidarne le risorse, condividendole in maniera solidale".

Dal discorso di Benedetto XVI del 21 ottobre 2006 alla comunità accademica della Pontificia Università Lateranense in occasione dell'apertura del nuovo anno di studi:

"Lasciarsi prendere dal gusto della scoperta senza salvaguardare i criteri che vengono da una visione più profonda farebbe cadere facilmente nel dramma di cui parlava il mito greco: il giovane Icaro, preso dal gusto del volo verso la libertà assoluta e incurante dei richiami del vecchio padre Dedalo, si avvicinava sempre più al sole, dimenticando che le sue ali con cui si è alzato verso il cielo erano di cera. La caduta rovinosa e la morte sono lo scotto che egli paga a questa sua illusione. La favola antica ha una sua lezione di valore perenne".

Heidegger: cenni biografici

Heidegger riteneva che la vita di un filosofo non fosse importante per capirne il pensiero; parlando della vita di Aristotele disse: "nacque, lavorò e morì".

Martin Heidegger nacque nel 1889 a Messkirch nella Foresta nera del Baden meridionale. Studiò filosofia e teologia all'università di Friburgo in Brisgovia, dove insegnò e scrisse "Essere e tempo" nel 1927. Ritiratosi dall'insegnamento alla fine degli anni 40, tenne molti seminari e conferenze fra cui la conferenza sulla "Questione della tecnica" del 1953 a Monaco di Baviera.

Morì a Friburgo nel 1976.

La sua "opera omnia", in cento volumi, è in corso di pubblicazione; nel 2006 le uscite hanno superato i due terzi.

Bibliografia

La bibliografia di Heidegger e su Heidegger è enorme. Ci si limiterà a poche segnalazioni, prevalentemente italiane.

- "Guida ad Heidegger. Ermeneutica, Fenomenologia, Esistenzialismo, Ontologia, Teologia, Estetica, Tecnica, Nichilismo" a cura di Franco Volpi, Editori Laterza 2005 (edizione aggiornata).
 - "Essere e tempo", di Martin Heidegger (traduzione di Pietro Chiodi), Fratelli Bocca 1953.
 - "Essere e tempo", di Martin Heidegger (nuova traduzione a cura di Franco Volpi sulla versione di Pietro Chiodi), Longanesi 2005.
 - "Essere e tempo", di Martin Heidegger (nuova traduzione italiana a cura di Alfredo Marini con testo tedesco a fronte), Mondadori, I Meridiani 2006.
 - "Essere e tempo. Introduzione alla lettura", di Adriano Fabris, Carocci 2000.
 - "Lettura di Essere e tempo", di Dario Vicari, UTET 1998.
 - "Heidegger: introduction à une lecture", di Christian Dubois, Ed du Seuil 2000.
 - "La questione della tecnica", di Martin Heidegger, in "Saggi e discorsi", di M. Heidegger (trad. di Gianni Vattimo), Mursia 1976.
 - "Ormai solo un dio ci può salvare", intervista di Heidegger allo "Spiegel" del 1966 pubblicata postuma, (traduzione italiana di Alfredo Marini), Guanda 1987.
 - "L'ultimo sciamano: conversazioni su Heidegger", di Antonio Gnoli e Franco Volpi, Bompiani 2006.
 - "The new Heidegger", di Miguel de Bestegui, Continuum, London 2005.
 - "Heidegger, les chemins d'une pensée", numero monografico di "Les Collections du magazine littéraire" 2006.
 - "Il muro di pietra. Sul tramonto della tradizione filosofica", di Emanuele Severino, Rizzoli 2006.
 - "Introduzione all'esistenzialismo di Heidegger", di Cornelio Fabro, Vita e Pensiero, Milano 1943.
 - "Heidegger", di Sofia Vanni – Rovighi, La Scuola, Brescia 1945.
 - "Il mercoledì delle Ceneri del soggettivismo parasitario: Heidegger e Jaspers", di Gyorgy Lukàcs, in "La distruzione della ragione" (pagg 495-532), Einaudi 1959.
 - "L'esistenzialismo", di Pietro Chiodi, Loescher Torino 1962.
 - "L'esistenzialismo di Heidegger", di Carlo Antoni, Guida Napoli 1972.
 - "Il soggetto e la tecnica. Heidegger interprete inattuale dell'epoca presente", di Mario Ruggenini, Bulzoni, Roma 1978.
 - "Introduzione ad Heidegger", di Gianni Vattimo, Laterza 1980.
 - "Invito al pensiero di Heidegger", di Umberto Galimberti, Mursia 1986.
 - "Heidegger", di Alain Boutot, coll. "Que sais je?" Presses Universitaires de France 1989.
 - "Cronistoria di una svolta" di Maurizio Ferraris, in "La Svolta" di Martin Heidegger, Il Melangolo 1990;
 - "Heidegger", a cura di Giorgio Penzo, Morcelliana 1990.
 - "Il cammino di pensiero di Martin Heidegger", di Otto Pöggeler, Guida Napoli 1991.
 - "Heidegger e la metafisica", di Emanuele Severino, Adelphi 1994.
 - "Heidegger: fra filosofia e storia", di Ernst Nolte, Laterza 1994.
 - "L'absolu technique. Heidegger et la question de la technique", di J. Ph. Millet, ed. Kimè, Paris 2000.
 - "Storia della filosofia greca. I presocratici", di Luciano De Crescenzo, Mondadori 1983.
 - "Parmenide" di Martin Heidegger, Adelphi 1999.
 - "Eraclito" di Martin Heidegger, Mursia 1979.
 - "Parmenide: poema sulla natura", a cura di Vincenzo Guarracino, Medusa 2006.
 - "Eraclito: dell'origine", a cura di Angelo Tonelli, Feltrinelli 2005.
 - "La sapienza greca", di Giorgio Colli (3 volumi), Adelphi 1977-1980.
- Per i problemi della tecnica, si veda il prezioso volume curato da Maurizio Guerri: "Le arti nell'età della tecnica", Mimesis Milano 2001, che contiene tutte le conferenze tenute durante il 1953 alla Technische Hochschule di Monaco (Romano Guardini, Werner Heisenberg, Martin Heidegger, Emil Preetorius, Friedrich G. Junger, Walter Riezler, Manfred Schroter).
- Si veda infine il film (in DVD): "The Ister. Based on Heidegger's 1942 Hölderlin Lectures", prodotto e diretto da David Barison e Daniel Ross, Black Box Sound and Image 2004, 2005.
- Sul filo della interpretazione heideggeriana dell'inno "Ister" di Hölderlin, Barison e Ross – con il suggestivo racconto della lunga risalita dell'Ister (Danubio) dalla foce nel Mar Nero alle sorgenti nella Foresta Nera del Baden – ci fanno "vedere", con un commento di Bernard Stiegler, un meraviglioso intreccio fra ambiente, tecnica moderna, storia, filosofia e poesia.

dal **MONDO****La Conferenza
di Nairobi****LA CONFERENZA DI NAIROBI***Vincenzo Ferrara*

Organizzata dal Segretariato dell'United Nations Framework Climate Change Convention (UNFCCC), dall' United Nations Environment Programme (UNEP) e dal Ministero dell'Ambiente del Kenya, si è tenuta a Nairobi (Kenya), dal 6 al 17 settembre scorso, la Conferenza delle Nazioni Unite sul Clima, comprendente i seguenti eventi:

- la dodicesima conferenza delle parti firmatarie dell'UNFCCC (COP-12), costituita da 189 paesi;
- la seconda conferenza delle parti firmatarie del Protocollo di Kyoto (COP/MOP-2), costituita da 157 paesi;
- la seconda sessione del "gruppo ad hoc" per i nuovi impegni che i paesi industrializzati dovranno

assumere dopo il 2012 (AWG-Commitments);

- la seconda sessione del "gruppo ad hoc" per il dialogo a lungo termine sull'obiettivo ultimo della UNFCCC (AWG-DIALOG).

Il supporto tecnico alle decisioni da assumere è stato fornito attraverso la convocazione dei due organi tecnici sussidiari della UNFCCC (SBI e SBSTA).

A questi eventi hanno partecipato complessivamente 5.900 persone, di cui 2.300 delegati governativi e 2.800 rappresentanti di agenzie delle Nazioni Unite, Organizzazioni non governative, Organizzazioni intergovernative, Enti e Istituti internazionali. Inoltre, erano presenti 516 giornalisti e rappresentanti della stampa internazionale.

Di seguito un breve resoconto di questi eventi.

COP-12

Gli argomenti riguardanti la gestione e il funzionamento della Convenzione UNFCCC sono stati:

- l'adeguamento dei meccanismi finanziari;
- l'analisi delle comunicazioni nazionali dei paesi industrializzati e l'andamento delle emissioni mondiali di gas serra;
- la messa a punto dei meccanismi di trasferimento di tecnologie e di know how dai paesi industrializzati a quelli in via di sviluppo, comprese le questioni economiche e le regole per verificare il buon funzionamento e i risultati conseguiti attraverso tali meccanismi;
- le questioni della vulnerabilità e dell'adattamento ai cambiamenti climatici dei paesi più poveri.

Gli argomenti di natura tecnico scientifica discussi hanno riguardato:

- la definizione del programma quinquennale di lavoro per aiutare i paesi in via di sviluppo a procedere all'adattamento;
- la lotta alla deforestazione, spesso illegale, nei paesi in via di sviluppo, di cui non si tiene conto nel Protocollo di Kyoto;
- le emissioni di gas serra derivanti dal trasporto aereo e ma-

ritimo, attualmente non conteggiate nel Protocollo di Kyoto;

- i problemi della formazione, informazione e consapevolezza del pubblico sul clima e i cambiamenti climatici, problemi che vengono disattesi o sottovalutati da gran parte dei paesi.

COP/MOP-2

Sono stati discussi alcuni problemi critici per l'attuazione del Protocollo di Kyoto, tra cui:

- progetti da considerare idonei e compatibili nel "Clean Development Mechanism": tra i progetti da considerare incompatibili, salvo ulteriori approfondimenti, vanno menzionati quelli cosiddetti del "carbone pulito" (cioè la cattura e confinamento geologico dell'anidride carbonica) molto criticati, e quelli riguardanti l'uso indiscriminato delle biomasse, compreso l'uso di bioetanolo e biodiesel, altrettanto criticati e contestati;

- la distribuzione dei costi e dei crediti ottenibili dai progetti di "Joint Implementation" quando, fra i partner, sorgono controversie; su questo argomento sarà necessario definire norme e procedure specifiche e dettagliate;

- la definizione delle procedure sanzionatorie per i paesi che al 2012 risulteranno inadempienti nel raggiungimento dei loro obiettivi di riduzione.

La COP/MOP ha inoltre definito i principi e le modalità di gestione del "Adaptation Fund" ed ha accettato la proposta della Bielorussia di essere considerata alla stessa stregua dei paesi industrializzati e di poter accedere al mercato del commercio delle emissioni. La Bielorussia, quindi, si aggiunge alla lista dei paesi Annex 1 (della UNFCCC) e Annesso B (del Protocollo) con un impegno di riduzione al 2012 dell'8%, rispetto al 1990.

AWG-Commitments (Gruppo di lavoro COP/MOP sui "Futuri Impegni")

Il principale argomento in discussione è stato quello della modifi-

ca dell'attuale Protocollo di Kyoto (in base all'art. 9 dello stesso Protocollo) in una versione emendata che contenga nuovi impegni e nuove modalità di attuazione per il periodo successivo al 2012, quando l'attuale Protocollo di Kyoto sarà scaduto. Dopo lunghe e accese discussioni si è convenuto che, prima di definire le modifiche da apportare, i nuovi obiettivi di riduzione e le nuove modalità di attuazione è necessario:

- analizzare le potenzialità effettive (compresi i costi/benefici economici) di riduzione delle emissioni in relazione ad un ventaglio di possibili obiettivi di riduzione;
- analizzare le diverse possibilità di attuazione operativa per raggiungere tali possibili obiettivi di riduzione;
- analizzare quanto sopra in relazione alle strategie a lungo termine di stabilizzazione delle concentrazioni atmosferiche di gas serra.

Di conseguenza, la discussione sulle modifiche dell'attuale Protocollo e sui nuovi impegni da stabilire viene rimandata al 2008, dopo che saranno acquisite le analisi sopradette, dopo che sarà acquisito il quarto rapporto dell'IPCC (che sarà pubblicato nel 2007) e, infine, dopo che saranno acquisite le prime conclusioni sulle strategie a lungo termine che il "gruppo di lavoro ad hoc" sul dialogo (AWG-DIALOG) avrà raggiunto.

Inoltre, il nuovo Protocollo che entrerà in vigore successivamente al 2012 dovrà contenere anche chiare indicazioni e chiari obiettivi per procedere alle azioni di adattamento ai cambiamenti climatici, comprese le modalità di cooperazione tra paesi sviluppati e in via di sviluppo.

La proposta della Russia, circa l'introduzione di impegni "volontari" di riduzione delle emissioni, verrà esaminata e discussa in un opportuno workshop da tenersi nel maggio 2007.

AWG-DIALOG (Gruppo di lavoro COP sugli obiettivi a lungo

termine per combattere i cambiamenti del clima)

Il dialogo a lungo termine si è sviluppato su quattro tematiche:

- clima e sviluppo sostenibile;
- clima ed opportunità di mercato;
- clima e nuove tecnologie;
- clima e adattamento.

La discussione è partita dal recente rapporto di Nicholas Stern sui possibili danni alle economie nazionali e al prodotto lordo internazionale causati dai cambiamenti del clima. La discussione ha, poi, preso in considerazione sia il recente piano quinquennale di sviluppo socio-economico della Cina, sia i problemi dei danni ambientali e socio-economici causati dagli uragani e dai cicloni tropicali sugli Stati delle piccole isole. Infine, si è discusso e analizzato il problema della deforestazione in Brasile e sono state avanzate proposte circa l'integrazione fra le strategie per raggiungere gli obiettivi del Millennio posti dalle Nazioni Unite e le strategie per rallentare i cambiamenti del clima.

La discussione proseguirà prossimamente su due punti ritenuti di prioritaria importanza: le questioni dell'adattamento ai cambiamenti climatici, e le questioni relative all'innovazione tecnologica e alle nuove tecnologie per combattere i cambiamenti del clima.

Meeting ministeriale

Nel Meeting ad alto livello dei ministri e capi di stato sono state evidenziate le seguenti priorità:

- l'urgenza di procedere, dopo il 2012, a riduzioni più drastiche delle emissioni di gas serra: la Germania ha proposto una riduzione del 30% entro il 2020, mentre la Finlandia, a nome dell'UE, ha ribadito la sua proposta di ridurre fino al 60% entro il 2050. Di contro altri paesi, tra cui gli USA, pur riconoscendo la necessità di raggiungere importanti obiettivi di riduzione, ritengono

che la strada dei vincoli e degli obblighi non sia percorribile, ma si debba procedere sulla base di impegni volontari;

- la necessità di intraprendere piani di azione operativi sull'adattamento ai cambiamenti climatici nei paesi in via di sviluppo più poveri e negli stati delle piccole isole: la richiesta è stata formulata soprattutto dai paesi africani e da quelli delle piccole isole;
- la necessità di bloccare la deforestazione nei paesi in via di sviluppo attraverso opportuni incentivi che promuovano l'uso sostenibile del patrimonio forestale e l'uso sostenibile delle altre risorse naturali: la richiesta è stata avanzata soprattutto dai paesi del centro e del sud America.

Inoltre, su proposta del segretario generale delle Nazioni Unite Kofi Annan, è stata istituita una particolare "conferenza dei paesi africani" dotata di un fondo ad hoc per l'Africa al fine di far fronte alle più gravi urgenze dell'Africa (soprattutto energia elettrica e sistemi di produzione di energia elettrica distribuita, ma anche sistemi per la conservazione e la depurazione dell'acqua) e per consentire un più facile accesso dei paesi africani ai meccanismi flessibili del Protocollo di Kyoto.

Chiusura

Nel suo discorso di chiusura di venerdì 17 novembre, il Presidente della Conferenza, ministro kenyota dell'Ambiente, K. Kibwana, nel ringraziare gli USA che hanno dato un contributo di circa 7 milioni di dollari per le attività dell'UNFCCC per il 2007, ha sottolineato che i progressi ottenuti nella conferenza sono stati molto concreti anche se non esaltanti. La revisione del Protocollo di Kyoto inizierà nel 2008, ma entro quella data ci sarà da fare molto lavoro impegnativo. Nel frattempo sono stati compiuti anche passi importanti per l'Africa e per le questioni dell'adattamento ai cambiamenti climatici dei paesi più poveri.

dall'**UNIONE EUROPEA**

Progressi realizzati per gli obiettivi di Lisbona

L'ENEA e i programmi di ricerca UE



PROGRESSI REALIZZATI PER GLI OBIETTIVI DI LISBONA

I Ministri delle Finanze degli Stati membri dell'UE, riuniti nel Consiglio Ecofin a Bruxelles il 28 novembre, hanno descritto i progressi generali compiuti nei confronti degli obiettivi di Lisbona definendoli "incoraggianti", ma hanno esortato a fare di più, in particolare per la promozione degli investimenti privati nella ricerca e sviluppo (R&S).

Nel campo dell'innovazione, hanno sottolineato gli sforzi intrapresi per intensificare la cooperazione nella ricerca tra industria e mondo accademico, per sviluppare un sistema di diritti di proprietà intellettuale "equilibrato e di facile utilizzo" e per garantire l'accesso ai ca-

pitali, soprattutto per le piccole e medie imprese.

Tuttavia gli Stati membri non devono dormire sugli allori, e c'è la necessità di promuovere maggiori investimenti privati nella R&S, se l'Unione vuole diventare l'economia più competitiva del mondo entro il 2010. È stato, inoltre, affermato che andrebbe dedicata particolare attenzione al sostegno all'innovazione nel settore terziario e alla creazione di un ambiente propizio all'innovazione per le imprese. E gli Stati membri dovrebbero impegnarsi per massimizzare i rendimenti delle iniziative di innovazione migliorando la qualità delle loro misure politiche, soprattutto l'efficacia della spesa per la ricerca pubblica.

Si è anche parlato della necessità di aumentare l'occupazione, creare un mercato unico dell'energia pienamente integrato e mantenere lo slancio della riforma del quadro normativo.

L'ENEA E I PROGRAMMI DI RICERCA UE

Nel 2007 l'ENEA punta ad ottenere 25 milioni di euro di finanziamenti dai programmi europei di ricerca.

Tali fondi mobileranno 115 milioni di euro di attività complessiva dell'Ente, di cui più di 80 milioni di euro provenienti da commesse per progetti di ricerca italiani ed europei, da imprese private ed istituzioni pubbliche.

Si tratta di una sensibile accelerazione rispetto ai 16,2 milioni di euro di finanziamenti comunitari ottenuti nel 2005 che hanno mobilitato 64 milioni di euro di attività complessiva di ricerca, ottenuta soltanto in Italia e prevalentemente dall'area pubblica.

Lo sviluppo delle attività di ricerca attraverso il forte incremento delle quote provenienti soprattutto da privati e istitu-

zioni pubbliche permetterà anche di assorbire senza impatto negativo i tagli del 20 per cento alle spese di funzionamento delle università e degli enti di ricerca decisi dalla legge finanziaria.

Lo ha affermato il Commissario straordinario dell'ENEA, Luigi Paganetto, aprendo a Bruxelles il 29 novembre i lavori del convegno dedicato proprio ad illustrare i nuovi rapporti tra l'Ente e i programmi europei di ricerca, convegno che è diventato anche un bilancio del primo anno di commissariamento.

La ricerca non può che essere europea – ha spiegato Paganetto – e perciò l'attività ENEA, sia quella già in essere che quella generata dai nuovi fondi, è stata riordinata intorno a 18 progetti chiave.

È cambiato anche il metodo di lavoro, con l'obiettivo prioritario di inserire i progetti di ricerca nei sistemi di alleanze tra pubblico e privato non solo in Italia ma in tutta Europa.

A questo fine, è stata potenziata la sede ENEA di Bruxelles, per porre l'Ente come interlocutore di tutti i soggetti italiani attivi nel settore della ricerca energetico-ambientale europea, dalle Regioni alle Università, alle imprese e agli altri enti di ricerca, a fare massa critica sui fondi europei e sulle commesse private europee. I 18 nuovi progetti avviati in questi giorni da ENEA sono ripartiti su quattro settori: clean energy, energia-ambiente-territorio, tecnologie emergenti, ricadute di tecnologie ENEA.

Per il loro sviluppo l'Ente si avvale delle competenze delle sue società partecipate, quali CESIRICERCA, SOTACARBO, ISNOVA e DINTEC.

dall'ITALIA

**Dal CENSIS:
vitalità nell'economia
ma ancora zavorre**

Si realizza Archimede

**Risparmio energetico
in casa**

**Atlante degli impianti
solari fotovoltaici**

**DAL CENSIS:
VITALITÀ NELL'ECONOMIA
MA ANCORA ZAVORRE**

Il Rapporto CENSIS, quest'anno nel suo quarantennale, si concentra sull'analisi dettagliata dei fenomeni di ripresa economica, sull'interpretazione delle dinamiche socio-politiche che hanno caratterizzato soprattutto questi ultimi mesi, e sull'individuazione dei reali processi di crescita della società italiana. Secondo le *Considerazioni generali*, che introducono il Rapporto, una nuova riarticolazione sociale comincia a manifestarsi, sia come effetto sia come causa:

- di una rimodulazione del sistema di imprese sull'esempio di una minoranza trainante che si misura anche sulla competizione internazionale (imprenditori di nicchia, *big player*, medie aziende operanti su commessa);
- del crescente valore economico di un geo-centrismo, che era

nato marginale nel localismo degli anni 70 e che oggi vede vitalissimi i distretti, le aree e le città a forte rinnovamento di ruolo;

- di quell'area di terziario non impiegatizio, ossia a crescente impegno imprenditoriale e professionale sui settori della logistica, dei trasporti, della finanza, degli stessi servizi alle persone e alle comunità (dove si affacciano anche imprenditori extracomunitari integrati nel nostro modello di sviluppo e di piccola impresa).

È questa triade che, "rompendo l'invaso e la cultura della cetomedizzazione", sta alla base della nostra ripresa attuale e della sua futura tenuta; "Il CENSIS ritiene che su di essa si debbano concentrare l'attenzione e l'impegno politico, nella convinzione che essa sia più forte e più promettente della triade che oggi tiene banco (redistribuzione per leva fiscale - politica delle riforme - difesa a oltranza degli interessi particolari) ma che non riesce a costruire un futuro.

Nella seconda parte, *La società italiana al 2006*, vengono affrontati i temi di maggiore interesse che sono emersi nel corso dell'anno: oltre alla possibilità della ripresa, la crisi di senso delle leadership e i rischi connessi al persistere di zavorre sistemiche, che si possono esplicitare nei tempi lunghi e negli alti costi delle reti infrastrutturali, nell'investimento sociale in istruzione più debole rispetto agli altri paesi, in un welfare di tipo clientelare e nella criminalità emergente fra metropoli e piccole province. Nella terza e quarta parte vi sono le analisi per settori: la *formazione*, il *lavoro*, il *welfare*, la *sanità*, il *territorio*, le *reti*, i *soggetti economici*, la *sicurezza*, la *cittadinanza*, i *media* e la *comunicazione*, l'*innovazione*. Per quest'ultimo settore si possono così schematizzare i processi innovativi:

- la costruzione dei territori digitali: le analisi sui siti web istituzionali consentono di mettere in risalto il percorso di regioni, province e comuni verso la digitalizzazione dei propri territori;

- la distribuzione degli utenti per area geografica, ci restituisce un'Italia una volta tanto omogenea nei comportamenti: usa la rete il 38% degli italiani con scostamenti minimi da una parte all'altra del Paese;

- le innovazioni diverse: etno-business, migranti e panorami tecnologici. Negli ultimi cinque anni l'*etno-business* è cresciuto notevolmente, non solo in settori tradizionali quali costruzioni, agricoltura e pesca, commercio, ma anche nel settore informatico e delle telecomunicazioni;

- l'inclusione, coinvolgimento e partecipazione come "democrazia elettronica per una migliore qualità della vita". I 129 progetti di e-democracy presentati nel 2004 al CNIPA hanno visto la partecipazione di Comuni nell'80% dei casi, di Province e di Regioni, per un ammontare totale di 744 enti: una crescita nella tendenza ad aggiornare e rendere trasparente l'attività quotidiana dei vertici politici.

SI REALIZZA ARCHIMEDE

L'ENEL ha annunciato che nel 2007 realizzerà in Sicilia il primo impianto solare termodinamico in collaborazione con ENEA. Si concretizza così a Priolo Gargallo (Siracusa) il Progetto Archimede illustrato un po' di tempo fa congiuntamente dai due enti. ENEL con 45 milioni di euro di investimento realizzerà la prima centrale elettrica a livello mondiale che vede l'integrazione fra un ciclo combinato a gas e un impianto solare termodinamico. L'impianto sorgerà appunto in un'area adiacente l'attuale centrale ENEL a ciclo combinato: ne incrementerà la potenza di 5

MW e consentirà di produrre energia elettrica per il fabbisogno di 5.000 persone, evitando l'immissione in atmosfera di 5.500 tonnellate l'anno di CO₂. Archimede utilizzerà una tecnologia ENEA ad alto rendimento, il più elevato fra gli impianti solari producendo energia elettrica dal sole anche di notte e quando il cielo è coperto.

La luce del sole verrà concentrata con un sistema di specchi parabolici e la sua energia accumulata, grazie alle proprietà di un fluido a base di sali, renderà disponibile calore ad alta temperatura in ogni momento della giornata. L'energia termica accumulata servirà a produrre vapore ad alta pressione che, convogliato nelle turbine della centrale ENEL, incrementerà la produzione di energia elettrica riducendo la necessità di consumare combustibili fossili e migliorando le prestazioni ambientali.

RISPARMIO ENERGETICO IN CASA

Il WWF ha organizzato, il 2 e 3 dicembre 2006, un evento nazionale per l'efficienza e il risparmio energetico nelle abitazioni, in collaborazione con Confartigianato, Confapi, CNA (Confederazione Nazionale Artigiani), Escolitalia ed ENEA.

L'evento ha avuto luogo contemporaneamente in 170 piazze italiane ed ha visto la partecipazione di volontari WWF, che hanno accolto i cittadini presso apposite postazioni per sensibilizzarli sul problema del risparmio energetico nelle case.

Il settore residenziale assorbe oltre il 30% dei consumi energetici totali in Italia e gli impianti di riscaldamento, insieme al traffico urbano, sono, oltretutto, la maggiore causa di inquinamento delle città. Rappresenta quindi un settore nevralgico dove intervenire con azioni mirate e diversificate, tra le quali la promozione dell'effi-

cienza e del risparmio energetico nelle case costituisce un tassello importante. Anche perché da più parti si sostiene che il risparmio energetico è la fonte di energia più disponibile e di maggior peso tra tutte quelle cui si possa far ricorso nel breve periodo.

L'ENEA che ha fra i suoi programmi molte iniziative in questo settore ha fornito all'evento un supporto non solo tecnico ma anche organizzativo, mettendo a disposizione le proprie strutture e i tecnici che operano a livello territoriale.

In particolare l'ENEA, si è occupato della formazione dei volontari WWF e delle Confederazioni interessate che presiedevano le 170 postazioni. Ha inoltre predisposto il volume informativo, di carattere divulgativo, sui principali interventi di risparmio energetico nelle case.

L'iniziativa del WWF si è svolta anche con l'obiettivo, a più lunga scadenza, di formare nuove figure professionali nel settore dell'energia. E anche su questo tema l'ENEA, che da diverso tempo svolge corsi specialistici per la formazione di impiantisti termici, ha già avviato iniziative con operatori del settore al fine di certificare questa figura professionale.

ATLANTE DEGLI IMPIANTI SOLARI FOTOVOLTAICI

Il Gestore dei Servizi Elettrici (GSE), ex GRTE, ha pubblicato sul proprio sito web www.gsel.it il sistema informativo geografico Atlasole, l'atlante degli impianti fotovoltaici ammessi all'incentivazione in base al decreto 28/07/2005.

Atlasole permette la consultazione interattiva degli impianti fotovoltaici ammessi all'incentivazione aggregati su base comunale, provinciale e regionale. L'applicazione Atlasole è costituita da un versatile program-

ma di web-mapping in grado di rappresentare gli impianti fotovoltaici, in progetto e in esercizio, raggruppati per classi di potenza (fino a 20 kW, da 20 a 50 kW, da 50 a 1000 kW) e per numerosità in funzione della base amministrativa prescelta dall'utilizzatore.

Atlasole mette quindi a disposizione dei soggetti istituzionali interessati, degli enti locali, dei soggetti responsabili e degli utenti di internet un sistema informativo geografico che consente di monitorare nel tempo la diffusione degli impianti fotovoltaici sull'intero territorio nazionale. Le informazioni contenute e rappresentate nel sistema verranno aggiornate periodicamente seguendo l'iter di ogni singolo impianto dalla richiesta sino all'entrata in esercizio dell'impianto stesso.

Nella versione attualmente presente sul web l'aggiornamento è relativo al 31 luglio 2006 (risultati degli impianti ammessi all'incentivazione complessivamente dal 19 settembre 2005 al 31 marzo 2006, ovvero dei primi due trimestri del 2005 e del primo trimestre del 2006).

dall'ENEA

**Presidente
e consiglio
di Amministrazione
ENEA**

**Fotovoltaico a media
concentrazione**

**Premiata
la Web-TV dell'ENEA**

**DELPHOS
compie 20 anni**

**Graduatoria
di concorsi ENEA**

FOTVOLTAICO A MEDIA CONCENTRAZIONE

Nel Centro Ricerche ENEA di Portici, nell'ambito del progetto PHOCUS (Photovoltaic Concentrators to Utility Scale), finalizzato a sviluppare una filiera nazionale per il fotovoltaico a media concentrazione, è stato installato e collegato alla rete un impianto da 5 kW, il primo in Europa di questo tipo a produrre "elettricità verde". L'impianto è formato da 51 moduli di seconda generazione, ripartiti in tre stringhe connesse alla rete tramite un inverter multistringa. Il nuovo tipo di modulo è stato realizzato dall'ENEA in stretta collaborazione con Eni Tecnologie (oggi EniPower) e rappresenta un notevole miglioramento tecnologico rispetto al precedente del 2004, brevettato congiuntamente da ENEA ed Eni. La realizzazione delle singole parti del modulo (fatta eccezione delle celle e delle ottiche) e l'intero assemblaggio sono stati curati dalla Ditta AnsaCompositi di Aprilia. La procedura di assemblaggio, messa a punto insieme ad ENEA, ha permesso di avviare una prima produzione di moduli con caratteristiche elettriche e qualità costruttiva ripetibili. Le mi-

sure condotte sui singoli moduli, sull'intero generatore e i primi dati di funzionamento confermano alti valori di efficienza nominale ed operativa. L'efficienza nominale del singolo modulo, riferita alla minima superficie di apertura del modulo, supera il 18%. Valore che in fase operativa essa può ridursi per perdite di sistema al massimo del 20%.
(Angelo Sarno)

PREMIATA LA WEB-TV DELL'ENEA

Nell'ambito della manifestazione COM-PA, il Salone Europeo della Comunicazione Pubblica dei Servizi al Cittadino e alle Imprese, che si è tenuta in novembre a Bologna, l'ENEA ha ricevuto il premio "La PA che si vede. La Tv che parla con te" per la categoria "Notiziario Istituzionale". L'ENEA Web TV è un contenitore di brevi filmati a carattere giornalistico sugli eventi, le attività e le ricerche dell'ENEA. Attraverso la cronaca delle manifestazioni più rilevanti, che l'ENEA organizza o a cui partecipa, si vuole far conoscere il contributo che la ricerca e l'innovazione tecnologica forniscono al dibattito sulle più rilevanti questioni connesse allo sviluppo del Paese e, più in generale, al futuro del pianeta. Cambiamenti climatici, protezione e conservazione dell'ambiente, energia per il futuro, fonti rinnovabili, uso efficiente dell'energia e biotecnologie sono alcune delle tematiche di cui l'ENEA Web TV si occupa. E non mancano neanche filmati dedicati ad argomenti quali la formazione e la realtà virtuale. Le riprese sono spesso corredate da interviste ad esperti, scienziati, esponenti delle istituzioni, rappresentanti di altri istituti scientifici che insieme all'ENEA collaborano per raggiungere obiettivi concreti nelle grandi sfide della ricerca. Luigi Nicolais, Ministro per le Riforme e Innovazioni nella Pubblica Amministrazione, ha consegnato i premi, sottolineando l'importanza dell'iniziativa che vede le diverse PA. esprimere le loro migliori potenzialità. Nella motivazione del premio si legge, tra l'altro,

PRESIDENTE E CONSIGLIO DI AMMINISTRAZIONE ENEA

Nel corso del 32° Consiglio dei Ministri del 27 dicembre 2006 è stata avviata, su proposta del Ministro dello Sviluppo economico, Pierluigi Bersani, la procedura per la nomina del prof. Luigi Paganetto a Presidente dell'ENEA, sulla quale sarà acquisito il parere delle competenti Commissioni parlamentari.

Con il D.M. 20 dicembre 2006 il Ministro dello Sviluppo Economico ha nominato i membri del nuovo Consiglio di Amministrazione dell'ENEA: dott. Andrea Bianchi e dott.ssa Rosaria Romano, designati dal Ministro dello Sviluppo economico; prof.ssa Maria Teresa Salvemini e dott.ssa Cristina Battaglia, designati dal Ministro dell'Università e della Ricerca; dott. Riccardo Casale designato dal Presidente della Conferenza Rapporti tra Stato e Regioni; prof. ing. Claudia Bettiol e ing. Simone Molteni, designati dal Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.

Il Consiglio di Amministrazione, che è composto dal Presidente e dai Consiglieri, durerà in carica quattro anni a partire dalla data di nomina del Presidente.

cronache

che il prodotto realizzato dall'ENEA "...rappresenta senz'altro una esperienza di successo nel panorama delle web Tv." La home page di ENEA Web TV è all'indirizzo <http://titano.secd.enea.it/ciak/index.php>.

DELPHOS COMPIE 20 ANNI

Il 13 dicembre 1986, alla presenza degli allora Ministro dell'Industria Valerio Zanone e Presidente dell'Ente Prof. Umberto Colombo, veniva inaugurato DELPHOS (Demonstrative Electrical PHotovoltaic System), per l'epoca, il più grande impianto fotovoltaico mai costruito in Europa.

La sua struttura con tutti i moduli fotovoltaici posti su un solo piano, invece che disposti in più file parallele, rende unico questo impianto: un "gigante fotovoltaico" che è un vero e proprio oggetto di Land Art. Si tratta di un grande piano di colore blu, sorretto da una elegante struttura reticolare, formato da 4320 moduli fotovoltaici, per un totale di 4.200 m² di superficie e di 300 kW di potenza nominale installata.

L'impianto si staglia sulla collina di Monte Aquilone, a circa 130 metri sopra il livello del mare, entro i confini del Parco del Gargano, dove da anni è ubicata l'Area Sperimentale ENEA: la falda del DELPHOS è visibile da molto lontano, e la sensazione è quella di un elemento artificiale perfettamente integrato nel paesaggio naturale.

Nel corso degli anni l'impianto è stato implementato con una seconda sezione di pari potenza e con diversi impianti sperimentali di piccola taglia per complessivi 630 kW di picco. Gli impianti sono connessi alla rete di distribuzione e l'energia elettrica prodotta è utilizzata in parte per alimentare le utenze dell'Area Sperimentale ENEA, mentre le eccedenze vengono cedute alla Società Elettrica locale in base ai prezzi amministrati stabiliti dall'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas.

Fino ad oggi, l'energia elettrica prodotta dal DELPHOS, è pari a circa 6.500 MWh e ha permesso di evita-

re l'immissione in atmosfera di circa 4.130 t di CO₂, anticipando le direttive del Protocollo di Kyoto.

Con l'energia fornita dal Sole, gli impianti DELPHOS sono in grado di soddisfare il fabbisogno energetico annuo di circa 300 famiglie. L'impianto, realizzato in collaborazione con l'industria nazionale, poneva l'Italia all'avanguardia nel settore. Oggi, dopo venti anni, anche se l'Italia ha perso molte posizioni nel settore, le nuove politiche di incentivazione all'impiego degli impianti fotovoltaici per la produzione di energia elettrica (cfr. Tetti Fotovoltaici, Conto Energia) hanno prodotto un rinnovato interesse verso questa tecnologia, mai veramente sopito da parte della pubblica opinione, e un fiorire di nuove iniziative industriali.

Dal canto suo, ENEA ha mantenuto un forte impegno nella ricerca e sviluppo di materiali e dispositivi fotovoltaici innovativi e nell'ingegneria dei sistemi, per rendere tale fonte energetica sempre più competitiva.

Graduatorie di merito della selezione per l'assunzione in prova a tempo indeterminato (G.U. n. 86 del 28.10.2005 e n. 91 del 18.11.2005 IV Serie Speciale Concorsi ed Esami)

POSIZIONE D/1 Punteggio

1° Beni Patrizia	98,00
2° Latini Simona	90,10
3° Cardinali Tiziana	89,00
4° De Napoli Mario Nicola	88,90
5° Mezzacappa Mario	87,60
6° Naviglio Anna	84,65
7° Saccoccio Giovanni Battista	84,40
8° Toni Alberto Maria	83,50
9° Fiore Simone	83,00
10° Felicioli Gloria	82,45
11° Rossi Gloria	80,10
12 Pacciolla Enzo	75,60
13° Vittori Roberto	74,60
14° Valentino Raffaele	74,50
14° Franzese Cristina	74,50
15° Magrini Paola	74,40
16° Pompili Sergio	74,00
17° Di Giulio Massimo	73,80

23.01.71	
17° Colasanti Santino	73,80
	04.06.66
18° Corinaldesi Enrico	73,70
19° Di Nallo Giuseppina	72,90
20° Girardi Antonio	72,85
21° Cortellessa Luciana	72,80
	n. 2 figli a carico
21° Di Costanzo Luca	72,80
	04.11.71
22° Mastrosanti Marco	72,25
23° Caramadre Giuseppe	71,80
24° De Laura Elisabetta	70,90
25° Sannino Angelo Raffaele	70,00

Graduatorie definitive della selezione per l'assunzione in prova a tempo indeterminato (G.U. n. 86 del 28.10.2005 e n. 91 del 18. 11. 2005 IV Serie Speciale Concorsi ed Esami)

POSIZIONE D/1

1° Beni Patrizia	98,00
2° Latini Simona	90,10
3° Cardinali Tiziana	89,00
4° De Napoli Mario Nicola	88,90
5° Mezzacappa Mario	87,60
6° Naviglio Anna	84,65
7° Saccoccio Giovanni Battista	84,40
8° Toni Alberto Maria	83,50
9° Fiore Simone	83,00
10° Felicioli Gloria	82,45
11° Rossi Gloria	80,10
12 Pacciolla Enzo	75,60
13° Vittori Roberto	74,60
14° Valentino Raffaele	74,50
	13.10.75
15° Franzese Cristina	74,50
	02.04.71
16° Magrini Paola	74,40
17° Pompili Sergio	74,00
18° Di Giulio Massimo	73,80
	23.01.71
19° Colasanti Santino	73,80
	04.06.66
20° Corinaldesi Enrico	73,70
21° Di Nallo Giuseppina	72,90
22° Girardi Antonio	72,85
23° Cortellessa Luciana	72,80
	n. 2 figli a carico
24° Di Costanzo Luca	72,80
	04.11.71
25° Mastrosanti Marco	72,25
26° Caramadre Giuseppe	71,80
27° De Laura Elisabetta	70,90
28° Sannino Angelo Raffaele	70,00

INCONTRI

Giornata
di presentazione
del Progetto ITER

Tecnologie e politiche
energetiche

Innovazione
contro desertificazione

GIORNATA DI PRESENTAZIONE DEL PROGETTO ITER

Nell'ambito dell'Associazione Euratom-ENEA sulla Fusione e in attuazione dei propri compiti istituzionali e delle proprie attività sulla fusione, in particolare per ITER, l'ENEA ha organizzato una Giornata di presentazione del Progetto ITER all'Industria Italiana, presso il CR ENEA Frascati, il 19 gennaio 2007.

ITER è un reattore sperimentale il cui obiettivo è dimostrare la fattibilità scientifica e tecnologica della fusione nucleare come fonte di energia praticamente inesauribile, rispettosa dell'ambiente, sicura ed economicamente competitiva (ved. *Energia, Ambiente e Innovazione*, N. 4/06, pag. 94).

Il Progetto ITER rappresenta la

maggior impresa scientifica internazionale dei prossimi anni, e vede la partecipazione di Europa, Giappone, Stati Uniti, Russia, Cina, India e Corea del Sud. Il costo totale del Progetto ammonta a circa 5 miliardi di euro e sarà costruito nel sito europeo di Cadarache, nel sud della Francia. L'Europa, che contribuirà per circa il 40% del costo totale di costruzione, sta organizzando la propria Agenzia, la European Legal Entity, che sarà responsabile per le forniture europee *in-kind*.

L'Associazione Euratom-ENEA sulla Fusione, è fortemente impegnata nelle attività di ricerca scientifica e tecnologica per la fusione, ed è coinvolta nella realizzazione di ITER per quanto riguarda la progettazione della macchina e di sistemi ausiliari, lo sviluppo di tecnologie specifiche e la realizzazione di componenti ad alto contenuto tecnologico, anche in collaborazione con l'industria.

L'iniziativa ha lo scopo di presentare gli aspetti tecnici e organizzativi del progetto ITER all'Industria italiana, inclusa la piccola e media industria, e di fornire informazioni sulle opportunità di partecipazione alla costruzione.

Nel corso della giornata vengono presentati, in particolare, gli aspetti tecnologici dell'impianto e il programma di costruzione, il sistema di approvvigionamento previsto, il ruolo dell'Agenzia europea, responsabile per le forniture europee, informazioni sui Codici e gli Standard, sul sito di ITER e le relative infrastrutture.

TECNOLOGIE E POLITICHE ENERGETICHE

Come e a quali condizioni di qui al 2050 l'evoluzione delle tecnologie energetiche può contribuire ad assicurare approvvigionamenti e prezzi

adeguati? In che modo le tecnologie possono consentire di ridurre le emissioni di CO₂? Quali politiche i governi dovranno attuare per favorire la transizione ad un modello di sviluppo sostenibile?

Il Rapporto *Energy Technologies Perspectives – Scenarios strategies to 2050*, elaborato dall'Agenzia Internazionale dell'Energia (AIE) intende dare una risposta a tali quesiti, scaturiti dal vertice G8 di Gleanegles del luglio 2005. In quella riunione i paesi membri prendendo atto che lo sviluppo sostenibile richiede robusti correttivi alle politiche energetiche mondiali, invitato l'AIE a sviluppare scenari energetici alternativi e a individuare strategie volte ad ottenere un futuro energetico "pulito, intelligente e competitivo". Il rapporto è stato presentato a Roma il 25 ottobre scorso dal Direttore esecutivo dell'AIE Claude Mandil, in un convegno organizzato dal Ministero degli Affari Esteri e dal Comitato organizzatore di "Rome 2007", il Congresso Mondiale dell'Energia che si svolgerà a Roma nel novembre 2007.

In apertura, il Sottosegretario agli Esteri Vittorio Craxi ha sottolineato che "un problema globale" come la riduzione e il contenimento delle emissioni di CO₂ "non può avere soluzioni locali" e ha ribadito l'impegno dell'Italia in Europa sul fronte della "realizzazione di un unico mercato continentale dell'energia, per un vero salto di qualità nella definizione di una politica estera comune in materia energetica", nonché l'intento di svolgere una funzione di impulso al processo di integrazione dell'Europa a partire dalla questione energetica.

La priorità per l'Italia, ha detto Sergio Garribba, a quella data Direttore generale del Ministero dello Sviluppo Economico, è la collaborazione internazionale, essenziale sia

per lo sviluppo delle tecnologie energetiche sia per coordinare le politiche a livello di blocchi continentali, con un impegno particolare nel ridefinire una strategia energetica nazionale di medio periodo. Proprio per sviluppare e coordinare l'attuazione di questa strategia Garribba ha manifestato la necessità di un'Istituzione nazionale che faccia da punto di riferimento, indicando nell'ENEA il soggetto capace di operare sia allo sviluppo delle tecnologie necessarie che alla diffusione di un nuovo modello della filiera produzione-distribuzione-consumo.

Il Prof. Luigi Paganetto, Commissario straordinario dell'ENEA, ha riconosciuto nell'attuale situazione una doppia sfida da affrontare, a livello regolamentare per liberalizzare e integrare i mercati europei e a livello tecnologico.

Perciò ha sottolineato la necessità di una politica di sviluppo delle rinnovabili concertata a livello europeo, che superi le politiche concorrenti tra i paesi UE e crei un contesto "chiuso" che ne favorisca l'utilizzo.

La proposta è stata quella di focalizzare gli sforzi sulla costruzione di un nuovo modello energetico basato sulla generazione distribuita e sulla integrazione dei flussi di produzione locali e centrali mediante l'utilizzo delle ICT (Tecnologie dell'informazione e della Comunicazione) nella gestione dei flussi distributivi per ottimizzare il rapporto fra produzione e consumo a livello locale compensando all'occorrenza con la produzione delle centrali.

(Alessandra Fornaci).

INNOVAZIONE CONTRO LA DESERTIFICAZIONE

Nel corso del workshop ENEA "Desertificazione e gestione sostenibile degli ecosistemi"

svoltosi il 21 dicembre a Roma, presso la Sede dell'Ente, sono stati presentati, a conclusione dei lavori durati 4 anni, i risultati del progetto ENEA RIADE (Ricerca Integrata per l'Applicazione di tecnologie e processi innovativi per la lotta alla Desertificazione). Le regioni maggiormente interessate dal processo di desertificazione sono la Basilicata, la Puglia, la Sicilia e la Sardegna e il fenomeno è stato studiato nelle tre principali componenti: sistema suolo, risorse idriche ed ecosistemi vegetali. Ciò ha comportato l'integrazione di tecnologie, come il telerilevamento, la spettrometria laser e le analisi isotopiche, con discipline quali la meteorologia, la pedologia, la geologia, l'idrologia, la biologia, l'archeologia, la sociologia.

La desertificazione è un processo di degrado dell'ambiente determinato dall'interazione negativa tra l'impatto delle attività umane e gli eventi climatici. Recentemente assistiamo a periodi di siccità alternati a forti precipitazioni che accelerano il processo, laddove il territorio è strutturalmente più vulnerabile. La desertificazione causa una graduale perdita di produttività delle terre e compromette la capacità di un territorio, nella totalità dei suoi fattori, di fornire servizi a beneficio della collettività. Negli ultimi decenni, la desertificazione sta interessando sia l'Europa che l'Italia. In Europa sono presenti circa il 6% delle regioni aride del pianeta: 1/3 di queste terre è già colpito da desertificazione a causa delle attività antropiche. In Italia il 30% del territorio, concentrato prevalentemente nelle regioni meridionali, è a rischio desertificazione.

RIADE è un progetto innovativo per le tecnologie utilizzate e sviluppate, e per l'approccio multidisciplinare delle conoscenze che integra diverse competenze: mondo accade-

mico, ricerca applicata, imprese private e pubbliche amministrazioni.

Nell'ambito del progetto RIADE, sono stati sviluppati modelli e strumenti operativi che potranno supportare le Amministrazioni Pubbliche nella pianificazione e gestione del risorse del territorio, con l'obiettivo di mitigare i processi di desertificazione ed applicare strategie di sviluppo sostenibile capaci di considerare la molteplicità di fattori che caratterizzano gli ecosistemi. CASPER (Compact and Advanced laser SPECTrometer for RIADE), uno spettrometro laser, è una delle tecnologie innovative sviluppate per ottenere indagini istantanee sulla qualità delle acque, e in particolare, sulla presenza di sostanze naturali o inquinanti di origine antropica o industriale presenti anche su vaste aree acquifere e consente di effettuare un'analisi del campione senza bisogno di alcun trattamento. Sono stati messi a punto anche modelli matematici come l'Environment Model Building, che consentono, in uno specifico territorio, di definire lo stato attuale dei processi di desertificazione e di fornire specifiche informazioni sull'andamento futuro del fenomeno, determinandone il trend.

Le tecnologie sviluppate dal progetto RIADE, per essere efficaci ed avere un impatto positivo sul territorio e sulle sue risorse naturali, hanno necessariamente bisogno di passare dalla fase di prototipo alla fase di commercializzazione. È fondamentale quindi garantirne il trasferimento tecnologico con il sostegno e l'investimento degli istituti di credito e delle imprese. Il Progetto RIADE ha avuto come ricadute iniziative di spin-off e applicazioni per la programmazione eco-sostenibile in supporto alle Amministrazioni Pubbliche.

LETTURE

State of the World 2006

Caro-energia.
Scenari e prospettive

STATE OF THE WORLD 2006

Focus Cina e India

Worldwatch Institute

Edizioni Ambiente, marzo 2006,
pagine 368, euro 19,00

Il Worldwatch Institute dedica ormai da tre anni il suo famoso rapporto annuale sullo stato del pianeta a un tema specifico: il 2004 è stato dedicato ai consumi, il 2005 alla sicurezza, mentre quello di quest'anno si focalizza su due enormi paesi, hanno più di un miliardo di abitanti, che presentano da anni significative percentuali di crescita del loro prodotto interno lordo: la Cina e l'India. Le scelte che questi paesi compiranno nei prossimi anni potranno condurre il pianeta verso un futuro di crescente instabilità ecologica e politica oppure indicare un percorso di

sviluppo basato su tecnologie efficienti e su una migliore gestione delle risorse.

Come scrive Gianfranco Bologna, curatore dell'edizione italiana: "Il futuro ambientale, economico e sociale della Cina e dell'India rappresenta una sorta di test significativo per l'intero futuro dell'umanità. Un test per la concreta possibilità di dare corso a politiche di sostenibilità del nostro sviluppo sociale ed economico, un test per il quale è necessario un contributo convinto e fattivo di tutti i paesi del mondo. La percentuale della popolazione di Cina e India che è entrata nella fascia del consumismo, aggiunta a quella di altri paesi di nuova industrializzazione (dal Brasile all'Indonesia, dal Sud Africa alla Corea del Sud) incrementa di almeno un altro miliardo, il miliardo di abitanti dei paesi industrializzati che già presentano livelli molto alti di consumo. Gli ecosistemi del nostro pianeta non sono in grado di reggere un impatto così significativo e gli effetti potrebbero essere devastanti per tutta l'umanità".

La crescita della domanda di energia, cibo e materie prime da parte di 2,5 miliardi di cinesi e indiani (40% della popolazione mondiale) sta già provocando effetti a catena in tutto il mondo e i livelli record di consumo negli Stati Uniti e in Europa lasciano poco spazio alla crescita asiatica (le emissioni di anidride carbonica degli USA, ad esempio, sono 6 volte quelle della Cina e 20 volte quelle dell'India). Se Cina e India consumassero risorse e producessero inquinamento ai livelli *pro capite* attuali degli Stati Uniti, sarebbero necessari due pianeti come la Terra solo per sostenere queste due economie.

"In Cina e in India è sempre più diffusa la convinzione che i modelli di crescita economica basati sullo sfruttamento intensivo delle risorse non pos-

sano funzionare nel XXI secolo", afferma Christopher Flavin, presidente del Worldwatch Institute. Già adesso, l'industria cinese del solare, all'avanguardia nel mondo, fornisce acqua calda a 35 milioni di edifici. Cina e India sono oggi ben posizionate per diventare, nell'arco del prossimo decennio, dei veri leader dell'energia e dell'agricoltura sostenibile.

Queste tendenze vengono ribadite dalle riflessioni sulla strada giusta da percorrere di alcuni autorevoli esponenti politici cinesi e indiani. Zjeng Bijian, responsabile della riforma economica cinese, invoca "un nuovo percorso basato sulla tecnologia, il consumo limitato di risorse naturali, il basso inquinamento ambientale e l'allocatione ottimale delle risorse umane". E Sunita Narain, rappresentante del Centro indiano per la scienza e l'ambiente, scrive nella prefazione: "Il Sud, vale a dire l'India, la Cina e i paesi limitrofi, non ha altra scelta se non quella di ridisegnare il proprio percorso di sviluppo".

Come suggerisce ancora Flavin, nel capitolo dedicato a India e Cina scritto insieme a Gary Gardner, la comunità globale dovrebbe accogliere queste due importanti nazioni in modo diverso, aiutando i propri cittadini a comprenderne le genti e le culture. Su questo presupposto occorre rimodellare l'Agenda Globale con altre tre misure preliminari. Prima riconoscendo il ruolo centrale che questi paesi avranno in questo secolo e quindi accogliendoli come membri effettivi nei principali organismi, OCSE e Consiglio di Sicurezza ONU. È, poi, necessario che la comunità globale (e principalmente USA, Cina e India) stipuli un accordo in cui si impegna a investire in efficienza energetica e a finanziare tecnologie energetiche rinnovabili per ridurre gli impieghi di petrolio e carbo-

ne. Come terzo impegno, la comunità mondiale dovrebbe sviluppare un nuovo modello per l'agricoltura, promuovendo economie rurali ecologicamente sane ed economicamente forti: piccole aziende agricole, a basso consumo energetico e chimico, basate sulla rotazioni ecosostenibili delle colture e in grado di aggiungere i biocombustibili alla gamma dei prodotti agricoli. "L'emergere di Cina e India è una segnale che dovrebbe rendere consapevoli gli Stati Uniti e il resto del mondo della necessità di un forte impegno per la costruzione di economie sostenibili", concludono Flavin e Gardner "Considerare questo enorme spostamento della geopolitica globale come un'opportunità invece che una minaccia è il modo migliore per garantire un XXI secolo di pace e di stabilità".

Anche perché la serie di disastri naturali senza precedenti, che si è abbattuta sul mondo nel corso del 2005, è stata una conferma del fatto che il mondo non è né stabile né sicuro, ancor prima che Cina e India aggiungano il loro contributo al fardello globale. La sconvolgente capacità distruttiva di queste calamità "innaturali" - l'uragano Katrina ha fatto registrare perdite economiche senza precedenti - è dovuta anche alle attività umane, ma dallo Sri Lanka e da Aceh viene un'indicazione: l'azione umanitaria dopo una catastrofe può dare lo slancio necessario a comporre i contrasti e ritrovare la via per la pace. Ma il Focus sui due grandi paesi asiatici costituisce anche il punto di partenza del Rapporto per analizzare altri specifici temi che riguardano lo stato del pianeta.

Intanto quello dell'acqua dolce, un vero tesoro da custodire: investire nella tutela degli ecosistemi d'acqua dolce costa meno che star dietro ai danni provocati dalla loro distruzione.

Viene effettuata anche una panoramica su due settori in grande ascesa, quello delle nanotecnologie e quello dei biocombustibili. Si prevede che entro il 2014 il valore dei prodotti che sfruttano le nanotecnologie raggiunga i 2.600 miliardi di dollari (il 15% della produzione industriale globale), equivalente alla somma delle industrie dell'informatica e delle telecomunicazioni. E fa riflettere il dato che in teoria, il mondo potrebbe produrre biomassa sufficiente a soddisfare completamente la domanda mondiale di carburante per i trasporti prevista per il 2050.

Viene proposta anche una indagine su due minacce per la salute dell'uomo, il mercurio e gli allevamenti intensivi di animali. La combustione del carbone è responsabile di due terzi delle 2000 tonnellate di emissioni antropogeniche di mercurio che ogni anno vengono rilasciate nell'atmosfera e l'80% dell'impiego di mercurio nel mondo avviene nei paesi in via di sviluppo, soprattutto in Asia orientale. Il consumo mondiale di carne cresce rapidamente e l'allevamento intensivo è ormai il sistema in più rapida espansione con tutti i pericoli emblematicamente evidenziati da "mucca pazza".

Viene, infine, fatta una valutazione sulle possibilità di contribuire allo sviluppo sostenibile da parte del mondo della finanza e del commercio. Nel 2004 gli investitori hanno rivolto alle corporation americane 327 contestazioni su tematiche sociali o ambientali e molte società hanno accettato di affrontare alcune delle questioni sollevate, che andavano dal benessere degli animali al cambiamento climatico, ai finanziamenti politici e alle condizioni di lavoro. Dopo Seattle, i paesi del WTO, l'organizzazione del commercio mondiale, hanno fatto negoziati per

raggiungere un accordo in grado di aiutare lo sviluppo sostenibile, ma nella pratica gli accordi regionali stipulati tra paesi in via di sviluppo contengono poche clausole ambientali o non ne contengono affatto; e gli stessi incentivi che i paesi dell'OCSE forniscono ai propri settori agricoli, in molti casi finiscono per incoraggiare l'abuso di sostanze chimiche e la coltivazione di terre poco fertili.

CARO-ENERGIA. SCENARI E PROSPETTIVE

A cura di Luigi Paganetto Donzelli ed., 2006, pagine 103, euro 12,50

La situazione energetica italiana richiede l'attuazione rapida di quella che oramai è considerata, e a ragione, una priorità per il futuro della nostra economia all'interno dell'area europea. La predisposizione di un piano energetico adeguato e nuove politiche per l'incentivazione dell'uso delle fonti rinnovabili, supportate da maggiori investimenti in ricerca e innovazione, potrebbero giocare un ruolo fondamentale nei prossimi anni.

L'adozione di politiche necessarie per vincere la sfida posta dal problema energetico, e nel contempo da quello ambientale, non potrà prescindere, inoltre, dall'impegno in materia di risparmio energetico, dallo sviluppo di sistemi di distribuzione di nuova generazione e dall'aumento della concorrenza tra gli operatori dell'energia. In questo volume esperti e rappresentanti istituzionali discutono sui temi della diversificazione delle fonti energetiche, delle difficoltà degli approvvigionamenti e dell'ingresso di nuovi operatori sul mercato dell'energia, reso di grande attualità dall'esigenza di completare il processo di liberalizzazione del settore.