

Antichità classica

gareggiano sul tema del Laocoonte. Sono stati ritrovati, oltre a disegni e schizzi, il quadro del vincitore, Francesco Hayez, una bellissima tela fra l'ideale eroico neoclassico e il patetismo esotico del primo romanticismo, e quelli di altri giovani artisti, come Antonio De Antoni e Angelo Inganni, nonché una misteriosa tela anonima, ora al Museo dell'800 a Villa Reale.

La Raccolta Bertarelli al Castello Sforzesco contiene una quindicina di straordinarie stampe, ognuna con una sua storia particolare, che ritraggono o si ispirano al Laocoonte vaticano. È un Laocoonte di carta non meno significativo degli altri: è proprio attraverso le stampe che

la fama di un'opera così emozionante divenne nota a tutti, assumendo il valore di simbolo del mondo classico. Fra le stampe della Bertarelli c'è un prezioso esemplare cinquecentesco di una enigmatica incisione attribuita a Tiziano, con Laocoonte e i suoi figli trasformati in tre scimmie. Un'allegoria, una caricatura, un gioco misterioso che ancora oggi resta irrisolto.

Andare a vedere Tiziano e il suo misterioso Laocoonte alla Bertarelli, ritrovare le altre memorie dell'antico nascoste nei musei milanesi può essere davvero un'avventura speciale, la conclusione di un viaggio ideale alla scoperta di quanto Milano possiede e non conosce abbastanza.

Interventi

La sfida per l'energia del futuro

di **Gianluca Alimonti** e **Angela Bracco**, INFN - Sezione di Milano e Dipartimento di Fisica, Università degli Studi di Milano.

Questo contributo ha lo scopo di riassumere, presentandone i punti più salienti, i risultati di un'attività iniziata con il workshop "L'energia per il futuro: nucleare e fonti rinnovabili" (www.mi.infn.it/energiaperfuturo), organizzato nel novembre 2006 dall'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) Sezione di Milano, dall'Università degli Studi di Milano e dal Centro di Ricerca per l'Ambiente e l'Impresa (CRAI). L'iniziativa, che si è svolta al Dipartimento di Fisica, è poi proseguita con un ciclo di seminari monotematici ed è stata presentata alla conferenza "The future of science: the energy challenge" (www.thefutureofscience.org), tenutasi a Venezia nel settembre 2007.

In tutti questi incontri la discussione ha preso il via dalla presentazione della situazione attuale e dai limiti che questa comporta, per poi passare alle possibili soluzioni. Per macro aree, si è trattato di:

- produzione di energia da fonti fossili: limiti e prospettive di questo scenario;
- contributo e sviluppi delle fonti nucleari (sia fissione che fusione);
- potenzialità delle fonti rinnovabili;
- importanza di una più elevata efficienza nella produzione e nell'utilizzo di energia.

Il ben noto punto di partenza, da tutti sottolineato, è che il fabbisogno energetico mondiale è soddisfatto per il 77% dalle fonti fossili. Le riserve non sono infinite e secondo alcuni modelli siamo oramai prossimi al picco della produzione sia del petrolio che del gas naturale. Anche l'Agenzia Internazionale dell'Energia (IEA), organizzazione da sempre ottimista in questo settore, nel suo "Medium-Term Oil Market Report" dello scorso luglio, prevede crescenti ristrettezze sui mercati petroliferi a partire dal 2010 e le capacità di riserva OPEC ridotte al minimo entro il 2012. Recenti studi evidenziano inoltre come la combustione degli idrocarburi causi gravi malattie, sia il principale responsabile dell'inquinamento del pianeta e, anche se questo punto è tuttora al centro del dibattito scientifico, sembri essere una delle cause del riscaldamento del pianeta.

Dalle varie presentazioni è emerso molto chiaramente che al momento una soluzione che possa, da sola, far fronte al crescente bisogno energetico globale non esiste: più plausibile sembra invece il ricorso ad un mix di soluzioni alternative, le quali richiedono tutte, per motivazioni tecnologiche, scientifiche od economiche, significativi, mirati e coraggiosi investimenti nella ricerca. Considerando inoltre il tempo necessario per liberarsi dalla dipendenza delle fonti fossili, processo inevitabilmente lungo, è importante che la via dell'innovazione, chiave del futuro, venga imboccata subito.

Un punto importante in discussione, che riguarda proprio questa necessaria fase di transizione, è la possibilità di produrre energia sfruttando le attuali metodologie ed infrastrutture ma con una maggiore attenzione ambientale. Si inseriscono in questo ambito gli studi riguardanti il cosiddetto "carbone pulito": centrali a carbone che consentano l'eliminazione della CO₂ prodotta dalla combustione (Carbon Capture and Sequestration).

A detta degli esperti, tale tecnologia si è dimostrata efficace su piccola scala: ora si tratterebbe di costruire impianti di dimensione commerciale, verificarne le prestazioni ed eseguire test di stoccaggio geologico della CO₂ per quantità dell'ordine del milione di tonnellate all'anno. Si stima che con i necessari investimenti in ricerca e sviluppo, si possa

arrivare ad avere questo tipo di centrali entro il 2020, con un costo dell'energia elettrica così prodotta che ammonterebbe a circa il doppio di quello attuale.

È subito emerso chiaramente come in un libero mercato la competitività economica dell'energia pulita sia fondamentale per affrontare il problema ambientale a livello globale. Supponendo ad esempio di riuscire a produrre energia "pulita" in Europa, implicando questo un aggravio dei costi, le grosse industrie troverebbero conveniente spostarsi in Paesi come la Cina dove, senza un accordo globale, l'energia continuerebbe ad essere prodotta, a minor costo, dal carbone non pulito, con un peggioramento della situazione mondiale. Per questo motivo è importante considerare sempre i costi aggiuntivi che una tecnologia pulita comporta.

Per quanto riguarda l'energia nucleare da fissione è stato chiaramente sostenuto che in questo caso non esisterebbero costi aggiuntivi, in quanto si tratta di una tecnologia per sua stessa natura pulita ed economicamente competitiva anche rispetto al carbone non CCS (attualmente la produzione energetica più economica).

Le controindicazioni, in questo caso, sono la sicurezza, le scorie ed il rischio di proliferazione. Attualmente nel mondo circa il 16% dell'energia elettrica viene prodotta dalle 437 centrali nucleari esistenti, mentre una trentina sono in costruzione ed oltre 70 in fase avanzata di progetto.

I reattori di III generazione, in costruzione, o quelli di III+, praticamente pronti, hanno degli standard di sicurezza che portano, ad esempio, la probabilità di fusione del nocciolo (l'incidente più grave ipotizzabile) a valori tra 10⁻⁷ e 10⁻⁸ per reattore per anno. Non bisogna poi dimenticare che recenti studi hanno dimostrato che tra le principali fonti energetiche, quella nucleare è quella che storicamente ha causato il minor numero di decessi da incidente per unità di energia prodotta.

Quello delle scorie è stato definito un piccolo grande problema: senza sminuire la pericolosità delle scorie ad alta attività, che non devono assolutamente entrare in contatto con l'ecosistema, non si può non tenere in considerazione che un reattore tipico da 1000 MWe produce, dopo riprocessamento e vetrificazione, circa 4 m³ all'anno di queste scorie. Troppo spesso ci si dimentica che una centrale di pari potenza alimentata a combustibile fossile emette milioni di tonnellate di CO₂ oltre, nel caso del carbone, a decine di migliaia di tonnellate di polveri contenenti mercurio, metalli tossici ed elementi radioattivi. In ogni caso, la gestione delle scorie passa sempre più attraverso il riprocessamento con l'estrazione degli elementi più attivi e di quelli riutilizzabili che vengono poi reinseriti in reattori in grado di utilizzare percentuali crescenti di combustibile ad ossidi misti. I reattori di IV generazione, che dovrebbero essere pronti per il 2030, produrranno poi scorie la cui radiotossicità tornerebbe a livelli naturali in pochi secoli (grazie alla trasmutazione sfruttata anche negli ADS, Accelerator Driven System, sistemi sottocritici allo studio, in grado di riprocessare le scorie dei reattori attuali) e in tal modo attaccheranno alla radice il problema della proliferazione, poiché non sarà più necessario l'arricchimento del combustibile nucleare. Anche nel settore del nucleare quindi, dove sono pronti reattori in grado di tamponare la situazione e dare un grande aiuto subito - tra l'altro i tempi tecnici per la realizzazione di un moderno reattore sono ridotti a pochi anni - sono necessari importanti investimenti nella ricerca per arrivare in tempi brevi a reattori che

Interventi

sfruttino meglio le risorse e producano scorie che richiedono limitati stoccaggi sia nello spazio che nel tempo.

In questo ambito anche l'INFN, che promuove, coordina ed effettua la ricerca scientifica nel campo della fisica subnucleare, nucleare ed astroparticellare, ha recentemente dato origine a una commissione paritetica con l'Ansaldo che si occupa di sviluppare competenza e strumentazione di fisica nucleare nel campo dell'energia. In particolare, questo obiettivo si traduce in sviluppo di rivelatori per radiazione nucleare e particelle in eventuali applicazioni di acceleratori ed in investimento nella formazione. Per questo aspetto, un ruolo importante è giocato dalle Università, mediante i corsi di fisica nucleare e le sue applicazioni.

L'INFN contribuisce allo sviluppo di alcuni aspetti di ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor), collaborazione internazionale nella quale 33 Paesi, rappresentanti più della metà della popolazione mondiale e più del 75% del prodotto lordo globale, hanno unito i propri sforzi sulla strada del primo reattore a fusione. Tale ricerca richiede conoscenze in diversi settori del sapere umano e notevoli investimenti: è significativo come l'impegno sia condiviso da tutti, così come lo saranno i benefici che, a detta degli stessi ricercatori, arriveranno dopo il 2050.

La discussione sull'energia solare trae la sua origine dal fatto che il Sole irraggia sulla Terra circa 9000 volte il fabbisogno energetico mondiale:

gli esperti del settore hanno mostrato che attualmente però non esistono tecnologie in grado di sfruttare in modo economicamente conveniente, e su grande scala, questo potenziale. Tranne l'energia idroelettrica, praticamente già sfruttata al massimo e sulla quale si hanno forti dubbi per l'impatto che comporta sull'ecosistema, e quella eolica, conveniente solo in particolari siti con le giuste caratteristiche di ventosità, le altre richiedono significativi sviluppi prima di poter incidere sul bilancio globale.

Gli investimenti nella ricerca qui giocano un ruolo ancor più fondamentale e devono essere guidati non da facile demagogia ma da una corretta valutazione del rapporto costo/benefici. Sono quindi state analizzate alcune direttrici.

Riguardo l'energia fotovoltaica, sono oramai molti gli esperti nel mondo, fra cui il premio Nobel Zhores Alferov, che sostengono che non convenga insistere sull'attuale, costosa e poco efficiente tecnologia basata sul silicio, quanto piuttosto investire nella ricerca di nuovi materiali fotovoltaici, celle multistadio, sistemi a concentrazione, sfruttando anche le recenti conquiste delle nanotecnologie. Solo così si potrà arrivare ad un'energia fotovoltaica su larga scala pulita ed economica, con investimenti coraggiosi e mirati, senza dispersione di capitali in una strada senza prospettive.

Il solare termodinamico (produzione di vapore ad alta temperatura, e quindi di elettricità, tramite concentrazione di energia solare) è una soluzione tecnicamente pronta, a detta del premio Nobel Carlo Rubbia, ma che richiede anch'essa importanti investimenti per renderla economicamente competitiva. Per la sua intrinseca necessità di forte insolazione diretta, è molto più adatta a climi secchi, come il deserto del Sahara, che non alle regioni del mondo dove viene consumata la maggior quantità di energia. Ne consegue la necessità di grosse infrastrutture per lo stoccaggio ed il trasporto dell'energia prodotta.

Sono necessari investimenti nella ricerca anche per rendere competitiva la geotermia: l'Italia è tra i primi produttori al mondo di questa forma di energia, grazie alla presenza di siti quali Larderello, zona in cui il calore interno del pianeta, praticamente inesauribile, affiora naturalmente alla superficie. Per poter sfruttare questa fonte in maniera diffusa e significativa, si devono sviluppare i cosiddetti sistemi geotermici ingegnerizzati: attraverso trivellazioni di circa 10 Km, si inietta e preleva acqua dagli strati profondi della crosta terrestre, così da estrarre calore da utilizzare anche per la produzione di elettricità.

Le biomasse sono una vasta famiglia di sostanze, tra loro anche molto diverse, che necessitano di tecnologie differenti per la trasformazione in prodotti finali utilizzabili: tra questi, spiccano i biocarburanti e questo è forse il settore in cui la ricerca può giocare un ruolo ancora più importante. Prendendo come esempio l'Italia, è stato dimostrato che se fossero coltivati per la produzione di biodiesel i terreni incolti per accordi comunitari, riusciremmo a soddisfare solo qualche percentuale del fabbisogno nazionale dei trasporti.

Volendo aumentare l'estensione dei terreni dedicati ai biocarburanti, è emerso molto chiaramente il pericolo della competizione con le colture destinate all'alimentazione, che rischierebbe di causare un notevole aumento del prezzo dei prodotti, così come capita già di osservare a livello globale per il grano. Bisogna inoltre considerare che con le attuali tecnologie, l'energia necessaria nell'intero processo produttivo del biocarburante è di poco inferiore, se non, in alcuni casi, addirittura superiore, all'energia poi restituita dalla combustione del biocarburante stesso. Questa problematica richiede un'enorme ricerca interdisciplinare, che studi come minimizzare le risorse utilizzate per la produzione della biomassa, massimizzare la produzione (qui la genetica gioca un ruolo fondamentale), migliorare i processi di trasformazione, magari anche considerando i processi chimici delle termiti, ancora per la maggior parte ignoti. Di fronte a queste problematiche è recente la decisione del DOE (Department of Energy) americano di investire 500 milioni di dollari nella fondazione di tre centri di eccellenza nelle bioenergie, riunendo così esperti in diversi settori e favorendo l'interdisciplinarietà della ricerca: questo esempio è stato presentato come la via più adatta per affrontare una simile problematica.

Infine, ma non perché meno importante, è stata da tutti sottolineata una strada di immediata applicabilità: l'efficienza energetica. Ci sono studi che dimostrano molto chiaramente come il più veloce ritorno ambientale ed economico passi attraverso investimenti volti a diffondere le tecniche e la cultura di una più efficiente produzione ed utilizzo di energia. Si tratta di implementare l'uso di tecnologie già esistenti in settori quali l'edilizia e l'industria: trigenerazione, pompe di calore, coibentazione, motori elettrici ad alta efficienza ed inverter, illuminazione e altro, possono fare risparmiare ad un Paese come l'Italia percentuali a doppia cifra del fabbisogno elettrico nazionale (praticamente l'elettricità importata dalla Francia, prodotta dall'equivalente di sette reattori nucleari di media taglia). Gli esempi non mancano: negli ultimi anni in California, grazie ad un'attenta politica di efficienza energetica, il consumo pro capite di energia è rimasto costante, a differenza degli altri Stati americani, a fronte di una significativa crescita economica e tecnologica.

Più vicino a noi, la STMicroelectronics, per produrre un chip di pari complessità, utilizza oggi oltre il 40% in meno di elettricità rispetto al 1995, anno in cui è stato lanciato il "Decalogo ambientale": sull'intera produzione ciò significa risparmiare l'equivalente di una centrale da 220MW.

Ancora più vicina a noi è la concreta possibilità di applicare a livello individuale una serie di precauzioni (non eccedere nella climatizzazione in casa, utilizzare valvole termostatiche sui termosifoni e lampadine a basso consumo, non lasciare gli elettrodomestici in stand-by e molto altro) che complessivamente possono portare ad una riduzione fino al 30% dell'energia consumata.

Va sottolineato che per tutti gli studiosi intervenuti le diverse soluzioni esposte, dalla fissione nucleare al solare, dalle biomasse alla fusione nucleare, dalla geotermia alla cattura e stoccaggio della CO₂, necessitano tutte per motivi tecnologici, scientifici o economici, di significativi, mirati e coraggiosi investimenti nella ricerca. Si è inoltre raccomandato che l'atteggiamento corretto per affrontare la problematica energetica non può focalizzarsi unicamente sulle varie tecniche di produzione, dovendo invece considerare *tutti* i costi, ambientali e sociali, che queste comportano.



Una nota sul valore e il costo dell'energia

Il KWh è quella quantità di energia che permette di far funzionare un condizionatore o un forno elettrico per circa un'ora. Per l'equivalenza tra energia e lavoro, è anche il lavoro necessario per alzare una tonnellata di ben 367 metri.

Approssimativamente la stessa energia che serve ad un uomo per andare in cima al Monte Bianco. Per generare questo KWh è stato prodotto sino ad 1 Kg di anidride carbonica che, dispersa nell'ambiente, ha saturato un volume d'aria equivalente ad oltre dieci appartamenti di media dimensione. Questo KWh lo paghiamo, consegnato nelle nostre case, quanto spedire un sms.

Un ringraziamento va a Pier Francesco Bottignon per averci spinto a questa scrittura con stimolanti spunti, grazie anche alla sua preziosa esperienza di docente presso il Dipartimento di Ingegneria nucleare del Politecnico di Milano.