

ALCUNE CONSIDERAZIONI SULLA
QUESTIONE
AMBIENTALE
& LE
RISORSE RINNOVABILI



Leonardo Marrone
III B Liceo Classico

Premesse

Si usa chiamare “**ambiente**” un complesso di:

- venti milioni di specie di esseri senzienti,
- innumerevoli ecosistemi,
- sostanze in continuo scambio e movimento,
- relazioni fra tutti gli elementi interni al complesso.

Il termine, tuttavia, è fuorviante: non esiste alcun “ambiente”. Probabilmente il concetto deriva dal fatto di sottintendere “ambiente dell’uomo”, cioè è impregnato dal fortissimo antropocentrismo proprio della cultura occidentale. In sostanza, si usa chiamare “ambiente” un Organismo Totale vivente-senziente, come se fosse un “contorno” della nostra specie.

Invece che Ambiente, è meglio parlare di **Ecosistema**, cioè la Totalità terrestre di cui anche gli esseri umani fanno parte.

L'Ecosistema



L'Ecosistema è il Complesso di cui facciamo parte, come un tipo di cellule fa parte di un organismo. La buona salute dell'Ecosistema è il primo valore che dovrebbe guidare le nostre azioni, e non solo perché da essa dipendono la nostra sopravvivenza e la nostra salute psicofisica, assieme a quella di tutti gli altri esseri senzienti.

Useremo come sinonimo anche la Terra, intendendo con tale termine la pellicola di circa trenta chilometri di spessore che avvolge il Pianeta (Biosfera, idrosfera, atmosfera, litosfera).

Se consideriamo tempi non-astronomici o non-geologici, la Terra funziona come un essere vivente, cioè riesce a mantenersi in situazione stazionaria, essendo dotata di capacità **omeostatica**: è in grado di autocorreggere le variazioni non troppo drastiche mantenendo i valori al suo interno (o nei suoi sottosistemi) entro campi di variabilità piuttosto ristretti, tali da tenere in buona salute il Complesso dei Viventi. Riceve energia dal Sole e la restituisce allo spazio cosmico a temperatura più bassa, in modo conforme al **secondo principio della termodinamica**:

Nell' enunciato di **Clausius**, si afferma che *è impossibile realizzare una trasformazione il cui unico risultato sia quello di trasferire calore da un corpo più freddo a uno più caldo*.

Questo fluire di energia di origine solare, dunque, “mantiene in vita” la Terra.

Tutti i processi all'interno del Sistema avvengono per cicli, dove ogni ciclo è tale da ripristinare la situazione stazionaria: cioè non ci sono processi che prelevano qualcosa di fisso e restituiscono qualcos'altro che si accumula: in altre parole non esistono “risorse” e “rifiuti”.

L'Ecosistema si può suddividere in sottosistemi, che spesso si indicano come tanti ecosistemi (parziali).

Se vogliamo fare un accenno anche a questioni etiche, è evidente che tutti gli esseri senzienti, e fra questi sono compresi anche gli ecosistemi, le specie, le culture umane e non-umane, hanno diritto a

forme di autorealizzazione, e quindi ad una vita libera e naturale.

Demografia



Le specie animali e vegetali che fanno parte degli ecosistemi mantengono il numero dei propri componenti entro termini numerici abbastanza ristretti. L'umanità è una specie animale, abbastanza facilmente classificabile, che ovviamente non può sfuggire a questa regola, altrimenti si avrebbero danni irreparabili per tutto l'Ecosistema.

Un particolare modello culturale umano ha iniziato, da circa due secoli, a funzionare non più su cicli, come il resto della Natura, ma prelevando qualcosa di fisso (le risorse) e scaricando ancora qualcosa di fisso (i rifiuti): procede cioè in modo incompatibile con il funzionamento generale della Terra. Inoltre pretende di continuare a far crescere a tempo indefinito il numero degli individui e la quantità di materia-energia che fluisce attraverso i suoi processi. Tale modello ha invaso tutto il Pianeta distruggendo le altre culture umane, la maggior parte delle quali funzionava in modo conforme all'ecosistema di cui faceva parte.

Il numero massimo di umani che la Terra può sostenere dipende dal tipo di alimentazione medio e dalla quantità di consumi.

Gli studi relativi al numero di umani che la Terra può supportare, in funzione delle grandezze sopradette, sono molto scarsi, cosa assai sorprendente, data l'importanza del problema.

cui si è iniziata la rottura della condizione stazionaria del Pianeta, almeno sul piano energetico, era di circa un miliardo di persone.

Si noti che nelle considerazioni sopra esposte non si è parlato dei diritti alla vita di tutti gli altri esseri senzienti: questi ragionamenti valgono anche se si parte da un punto di vista antropocentrico.

Per quanto riguarda l'alimentazione, uno sguardo anche sommario a qualche ecosistema naturale fa rilevare che il rapporto numerico fra i predatori e gli erbivori è di uno a mille, o uno a diecimila, o giù di lì. Più carne si mangia, più basso deve essere il numero. Tra l'altro siamo quasi uguali a gorilla, oranghi, scimpanzé, che mangiano frutta, verdura, tuberi e qualche insetto. Solo gli scimpanzé ogni tanto, ma molto raramente, mangiano carne di babuino.

Calare di numero, abbassare i consumi, funzionare su cicli chiusi che si alimentano a vicenda, essere quasi vegetariani sono quindi opzioni indispensabili per consentire la vita della Terra, e quindi anche la nostra.

Sorge, dunque, una domanda: **come facciamo a vivere oggi su questa Terra in quasi sette miliardi di persone?** La risposta è immediata: in questo periodo non siamo affatto in una situazione stazionaria, poiché siamo in un'epoca in cui l'umanità vive "divorando" la Terra, a spese dell'Organismo di cui fa parte. Questa epoca, tuttavia, non può e non deve durare ancora a lungo.

Prima di considerare gli effetti che comportano le numerose tecniche di sfruttamento delle risorse energetiche terrestri, analizziamo le caratteristiche principali di quella parte del pianeta che ne risente più direttamente: L'**atmosfera**.

ATMOSFERA TERRESTRE

Tra tutti i pianeti del Sistema Solare, la Terra è l'unico a possedere un'atmosfera ricca di ossigeno e di azoto, elementi fondamentali per consentire la presenza della vita in tutte le sue forme, animali e vegetali (almeno come la concepiamo noi). L'atmosfera svolge anche un ruolo essenziale per garantire la protezione della vita: essa costituisce infatti uno schermo estremamente efficiente per assorbire le **radiazioni ultraviolette** e per il flusso di particelle provenienti dal Sole, che altrimenti la distruggerebbero quasi immediatamente.

L'atmosfera, inoltre, protegge la superficie terrestre dall'impatto delle **meteoriti** che, a eccezione di alcune di dimensioni particolarmente rilevanti, si disintegrano per l'attrito con gli strati superiori. L'atmosfera svolge anche un ruolo molto rilevante nella definizione della morfologia della superficie terrestre: i moti, i fenomeni meteorologici, le reazioni chimiche che hanno luogo nella bassa atmosfera costituiscono una delle cause più importanti delle continue trasformazioni della **litosfera** e della **idrosfera**. L'atmosfera interviene infatti in modo quasi esclusivo nei processi di **erosione** e di **sedimentazione** oltre che nel **ciclo dell'acqua**.

Composizione dell'atmosfera

Lo strato di atmosfera che circonda la Terra è estremamente sottile. Se si considera solo la parte più densa che giunge sino a circa 60 km al di sopra della superficie terrestre, si ha uno spessore che è pari a solo un centesimo del raggio terrestre all'**equatore**, che è di 6.378 km. In realtà, non si può definire un vero e proprio limite superiore dell'atmosfera, ma solo una regione di transizione in cui essa si confonde con lo **spazio planetario**. La composizione chimica e le caratteristiche fisiche dell'atmosfera variano secondo la quota. La composizione dell'atmosfera tra il suolo e 10-12 km può però considerarsi pressoché costante e formata da un miscuglio di gas tra i quali dominano nettamente **l'azoto** e **l'ossigeno**. Nell'atmosfera, in prossimità del suolo, sono pure presenti in tracce di poche parti per miliardo (ppb=parts per billion) in volume: ossido di carbonio CO (190 ppb), ozono O₃ (40 ppb), ammoniaca NH₃ (4 ppb), biossido di azoto NO₂ (1 ppb), anidride solforosa SO₂ (1 ppb), cloro I (0,6 ppb), ossido di azoto NO (0,5 ppb), solfuro di idrogeno HS (0,05 ppb), iodio I (0,01 ppb). Le loro concentrazioni possono subire fortissime variazioni in ragione dell'inquinamento atmosferico.

Pressione atmosferica

Peso esercitato sull'unità di superficie dalla colonna d'aria al di sopra del punto che si considera. Al livello del mare, si assume come pressione normale il valore di 1033 kg/cm², equivalente al peso di una colonna di mercurio alta 760 mm e agente su un cm² di superficie. La pressione atmosferica viene generalmente misurata in millimetri di mercurio o millibar. Un millibar (mb) è un millesimo di bar. Un bar è la pressione esercitata da 750,06 mm di mercurio (mmHg) alla temperatura di 0°C (760 mm di mercurio corrispondono a 1.013 millibar). La pressione atmosferica è un importante fattore che influenza l'andamento del tempo meteorologico e che svolge pure un ruolo nella sua previsione.

Umidità atmosferica

Ai costituenti dell'atmosfera va aggiunta l'acqua che, sotto forma di vapore e di nubi, ne rappresenta circa lo 0,33% della massa totale e determina la cosiddetta umidità atmosferica. La presenza dell'acqua è l'elemento determinante ai fini della considerazione dei fenomeni meteorologici. Anche l'umidità atmosferica varia con la quota. Al livello del suolo e in prossimità di esso la quantità di vapore acqueo dipende dalle condizioni climatiche e dalla posizione geografica e può raggiungere una percentuale in volume pari al 4%. Nei primi 8 km di atmosfera l'umidità varia, nelle zone temperate, da 6,8 a 0,1 g/m³. La diminuzione continua sino a circa 15 km, dove si ha uno strato molto secco. Da 15 a 30 km si ha un certo aumento con la presenza di un tipo particolare di nubi, le nubi madreperlacee, che si formano tra i 25 e i 30 km. Una certa quantità di umidità è presente anche a un'altezza di circa 80 km, dove si osservano talvolta le cosiddette "nubi nottilucenti".

Elettricità atmosferica

L'atmosfera è sede di un campo elettrico, cioè è una zona di spazio dove si risente l'azione di forze elettriche. Tale campo è prodotto dalle cariche elettriche negative accumulate sulla Terra e dalle cariche, costituite soprattutto da ioni positivi, presenti nell'aria. La struttura del campo elettrico atmosferico è soggetta a notevoli e brusche variazioni per effetto delle perturbazioni atmosferiche. La capacità dell'aria di poter condurre la corrente elettrica varia poi notevolmente con l'altezza. Tale conducibilità è bassa in prossimità del suolo, ma aumenta rapidamente con l'altezza per effetto della ionizzazione dell'aria prodotta dalle radiazioni cosmiche. Negli strati superiori è addirittura presente una zona in cui i gas sono ionizzati e che quindi ha un'altissima conducibilità elettrica.

Temperatura atmosferica

Il calore dell'atmosfera è dovuto all'irraggiamento solare. Il 30% della radiazione solare viene riflesso e diffuso nello spazio esterno dalle nubi; il restante viene assorbito dall'aria e dalla superficie terrestre. L'atmosfera ha anche un'azione selettiva sulle radiazioni solari. L'aria è infatti trasparente alla radiazioni dello spettro visibile, da 400 a 700 nm, e alle radiazioni delle cosiddette finestre radio, radioonde di lunghezza d'onda compresa tra alcuni millimetri e alcune decine metri. L'assorbimento dei **raggi ultravioletti** (lunghezza d'onda inferiore a quella del visibile) avviene nell'alta atmosfera e vi provoca un tipico riscaldamento. La radiazione infrarossa (lunghezza d'onda superiore a quella del visibile), fortemente calorifica, viene invece assorbita nella zona più bassa dell'atmosfera dall'anidride carbonica e dal vapore acqueo presenti vicino alla superficie terrestre. Queste due sostanze si comportano come il tetto di vetro di una serra e favorisce l'immagazzinamento di calore in prossimità del suolo. Questo effetto, noto come "**effetto serra**", di cui parleremo ampiamente più avanti, contribuisce notevolmente a determinare la temperatura diurna sulla superficie terrestre, che risulta in media di circa 20 °C, mentre senza di esso dovrebbe essere di circa -23 °C. La trasmissione del calore tra suolo e atmosfera avviene per moti **connettivi verticali**. La temperatura dell'aria è variabile fortemente con l'altezza; fino a una quota di 10-12 km diminuisce regolarmente di 0,5-0,7 °C ogni 100 m sino a raggiungere -55 °C circa; da 12 km a 50 km aumenta sino a raggiungere 0 °C circa. Da questo punto la temperatura riprende nuovamente a diminuire sino a giungere a valori tra -70 e -100 °C a 80-90 km di quota. Ha allora inizio un rapido aumento che raggiunge negli strati atmosferici più alti i

1.000-2.000 °C circa. Data però l'estrema rarefazione delle molecole a queste altezze, il termine temperatura non ha riferimento alcuno con sensazioni fisiologiche, me è correlato unicamente all'energia di agitazione termica delle singole molecole. Il modo in cui varia la temperatura con l'altezza viene usato per definire i diversi strati dell'atmosfera stessa. Tale suddivisione, adottata dall'Unione Internazionale di Geodesia nel 1951, è **troposfera, tropopausa, stratosfera, stratopausa, mesosfera, mesopausa, termosfera, termopausa, esosfera.**

L'EFFETTO SERRA

L'**effetto serra** è un fenomeno climatico che consiste nel riscaldamento degli strati inferiori dell'atmosfera per effetto della schermatura che offrono alcuni gas in essa contenuti.

Questi ultimi, detti comunemente gas-serra, risultano trasparenti alle radiazioni di lunghezza d'onda relativamente piccola e opachi a lunghezza d'onda maggiori. Il loro comportamento fa sì che le radiazioni a breve lunghezza d'onda provenienti dal Sole attraversino con facilità l'atmosfera e riescano a raggiungere la superficie terrestre, che in parte le riflette e in parte le assorbe.

La frazione di radiazione assorbita dalla Terra viene restituita sotto forma di raggi infrarossi a lunghezza d'onda maggiore, che non si disperdono, ma rimangono intrappolati negli strati inferiori dell'atmosfera, in quanto assorbiti dai gas-serra. L'assorbimento dei raggi infrarossi provoca un naturale innalzamento della temperatura dell'aria e della superficie terrestre. Questo è particolarmente importante, in quanto, senza un effetto serra, la temperatura media del pianeta sarebbe di circa -18°C, invece degli attuali 15°C.



Per questi motivi, l'effetto serra non è un fenomeno nocivo per la vita sul nostro pianeta, ma lo può diventare se le attività umane lo faranno aumentare in modo abnorme rispetto alle condizioni naturali. Sono sei i gas responsabili dell'effetto serra regolamentati dal protocollo di Kyoto. Si va dalla più conosciuta **CO₂**, l'anidride carbonica, al quasi sconosciuto perfluorocarburo. Eccone una descrizione, dove vengono evidenziati i contributi delle attività umane all'immissione di questi gas nell'atmosfera. **CO₂ (anidride carbonica)**: il gas che esce soprattutto dai camini delle industrie, quelle di trasformazione e produzione in testa. (viene prodotto nei processi di respirazione animale e nei processi fotosintetici delle piante, la notte, mentre di giorno viene dissociato; ma sono molti i processi che lo producono)

CH₄ (metano): le emissioni di questo gas provengono dal settore agricolo, soprattutto dalle deiezioni animali e dalle discariche dei rifiuti. (una certa quota viene emessa dalle paludi e da zone marcescenti naturali, oltre che dai pozzi petroliferi quando è associato al petrolio. Una quota viene emessa per rilascio naturale, a causa di movimenti della crosta terrestre come terremoti e/o assestamenti, direttamente dalle sacche naturali che lo contengono quale risorse energetica. Questa quota non è ancora conosciuta)

N₂O (protossido d'azoto): anche per questo gas è responsabile l'agricoltura, oltre al settore energetico e ai trasporti. (nel caso d'un impatto asteroidale o cometario di piccole dimensioni e non planetario, nel qual caso avremmo ben altri problemi, un certo quantitativo verrebbe prodotto dall'elevato calore dovuto dall'esplosione del corpo entrato nella nostra atmosfera. Quando nel 1908 un corpo asteroidale esplose sopra la Tunguska, si produssero ingenti quantità di questo composto.)

PF (perfluorocarburo): questa sostanza è un clorocarburo utilizzato per la refrigerazione.

HFC (idrofluorocarburo): uno dei principali sostituti dei CFC (cloro-fluoro-carburi), i gas responsabili del buco dell'ozono, utilizzati per la refrigerazione e il condizionamento.

SF₆ (esafluoruro di zolfo): un prodotto chimico usato in vari comparti industriali.

Solitamente vengono trascurati i fenomeni vulcanici, anche se i vulcani sono una delle principali fonti d'emissione di gas e polveri; a seconda delle condizioni del fenomeno, queste emissioni producono inizialmente un forte effetto serra, accompagnato da copiose **piogge acide**, seguito nelle settimane e mesi seguenti da un vistoso calo di temperatura (paragonato talvolta "all'inverno nucleare") e luce, dovuto all'assorbimento molto forte della luce solare, al quale viene in gran parte riflessa verso lo spazio e pertanto non riscalda più, almeno sino a che la polvere non si deposita al suolo, la superficie terrestre.

Si stima che la concentrazione atmosferica di anidride carbonica **sia aumentata del 35% dai tempi della rivoluzione industriale** e del 20% dal 1958. La combustione di **carbone** e **petrolio** sono la causa principale di questo aumento, la **deforestazione** è la seconda.

Il **cambiamento climatico** in atto è evidente e si vede anche dal ritardo con cui sta arrivando l'autunno, circa tre settimane secondo il Cnr. Non c'è tempo da perdere, se non abbandoneremo presto il carbone per scegliere la strada delle rinnovabili e dell'efficienza energetica non saremo più in grado di contrastare il riscaldamento globale". I dati dell'Agenzia Europea per l'Ambiente parlano chiaro: dal 1900 i ghiacciai alpini hanno perso in media circa il 40 per cento della loro massa, pari ad un ritiro del 30 per cento in termini di superficie.

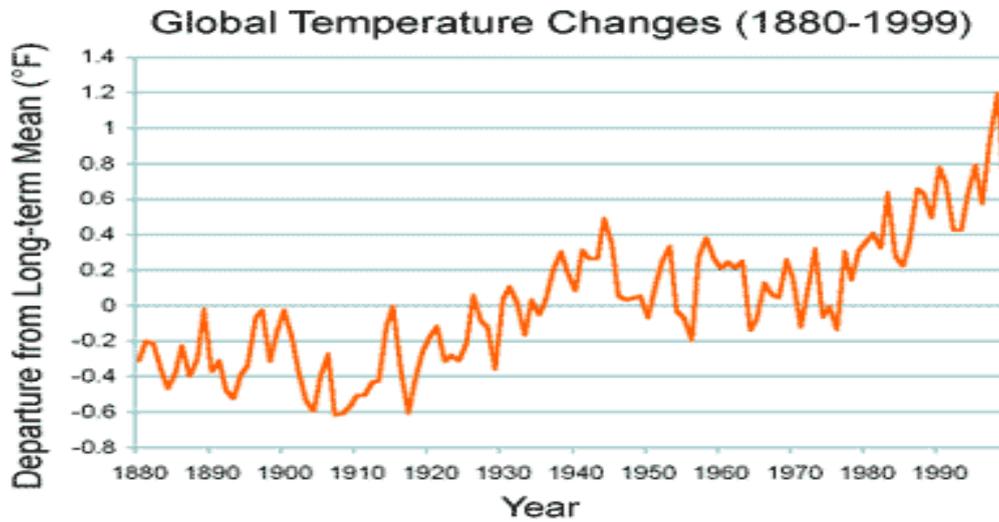
Ghiacciaio	Area fine anni '90 km ²	Ritiro del ghiacciaio mt	Periodo di osservazione
Forni	12,05	1445	1925-2002
Grande di verra	6,97	926	1913-2001
Grandes murailles	6,52	720	1929-2003
Lares	5,49	686	1919-2003
Lys	10,73	796	1901-2002
Malavalle	7,94	310	1923-2003
Marmolada	2,05	651	1905-2004
Vallelunga / Croda	7,86	1516	1923-1999

Fonte: Comitato Glaciologico Italiano, World Glacier Monitoring Service, Ricerca di Sistema - CESI, Comitato Glaciologico Trentino

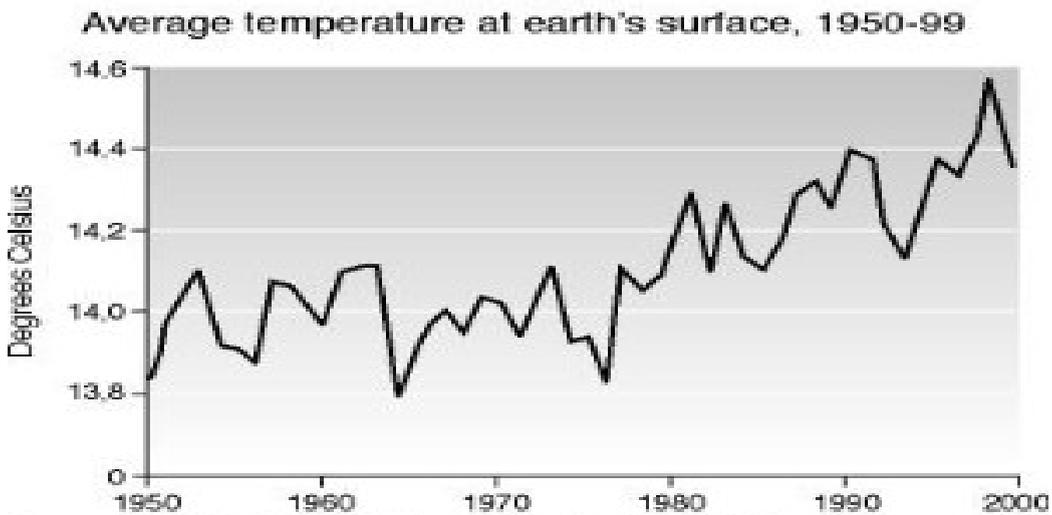
Siamo di fronte ad un evento di portata globale. Con il ritiro dei ghiacciai si sta riducendo una riserva idrica fondamentale, in caso di estati siccitose. Durante l'estate scorsa sono state misurate forti riduzioni di spessore dei ghiacciai. I ghiacciai si stanno anche frammentando in unità più piccole. Quello del Lys, in Valle d'Aosta, ha per esempio perso la connessione tra la lingua in basso ed i bacini

superiori. Secondo recenti ricerche i ghiacciai alpini si ridurranno di volume del 50 per cento rispetto agli anni '80 entro il 2025 e la perdita entro il 2100 sarà superiore al 90 per cento.

Nei due grafici riportati qui sotto possiamo farci un'idea di come stiano aumentando le temperature:



Source: National Climatic Data Center, 2000. Climate of 1999 - Annual Review. Online at <http://www.ncdc.noaa.gov/ol/climate/research/1999/ann/ann99.html>



Source: Goddard Institute for Space Studies (GISS)

Il sistema energetico globale sarà pressoché **insostenibile** nel medio-lungo periodo se non interverranno cambiamenti sostanziali. Attualmente la gran parte dell'energia primaria viene fornita dalla combustione di risorse energetiche fossili (petrolio, gas naturale e carbone). Queste risorse presentano tre problemi, che rischiano di compromettere la possibilità delle generazioni future di soddisfare i propri bisogni:

- 1) le riserve globali di combustibili fossili **non** sono illimitate
- 2) le riserve di combustibili fossili sono distribuite in modo diseguale
- 3) la combustione delle risorse fossili comporta il surriscaldamento dell'atmosfera terrestre ed è corresponsabile dei cambiamenti climatici.



Circa l'**80%** dell'energia primaria utilizzata nel mondo proviene dai **combustibili fossili** (35% dal petrolio, 21,2% dal gas e 23,3% dal carbone). Il petrolio e il gas, inoltre, coprono il **60%** dei consumi mondiali di energia. La disponibilità di queste risorse non è illimitata: attualmente l'80% del petrolio che consumiamo è stato trovato prima del 1973, infatti, la gran parte dei giacimenti di petrolio è stata scoperta negli anni '60 ed oggi per ogni barile proveniente da ogni giacimento ne vengono consumati quattro provenienti dai vecchi pozzi. Ogni abitante di un paese industrializzato usa circa **tre volte** il consumo procapite medio mondiale. I paesi industrializzati, pur avendo solo il 19% della popolazione mondiale, consumano **più del 50%** dell'energia prodotta sul pianeta. Non dobbiamo dimenticare, inoltre, l'**enorme dispendio economico** che le nazioni di tutto il mondo adoperano per i continui approvvigionamenti, in particolare per petrolio e gas, e, in riferimento alla situazione odierna, i costanti aumenti dei prezzi dettati dai paesi produttori per motivazioni non solo puramente economiche, ma talvolta anche politiche.

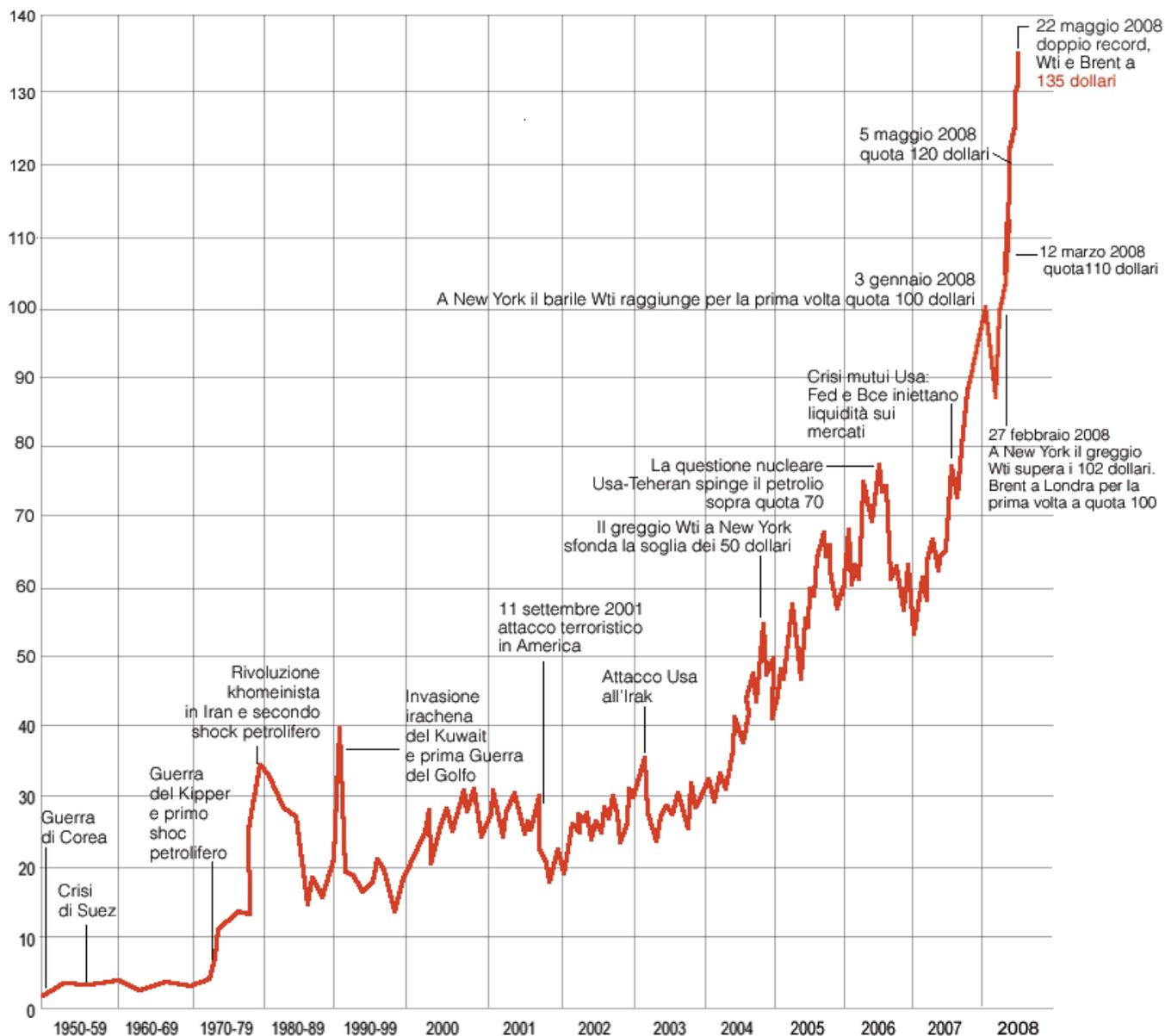
Nella pagina seguente riportiamo un autorevole grafico molto eloquente sul costante aumento del prezzo del petrolio (venduto per dollaro al barile) dal 1950 al 22 maggio 2008.

Possiamo facilmente osservare come i maggiori picchi di crescita siano avvenuti in perfetta coincidenza con importanti eventi storici, dalla guerra di Corea, attraverso i due shock petroliferi, fino all'invasione irachena del Kuwait, dall'11 settembre 2001, all'attacco delle forze militari USA in Iraq, fino alla recentissima crisi dei mutui negli Stati Uniti, dagli effetti ancora in espansione su tutto il piano economico occidentale. La stessa Londra, infatti, non è rimasta incolume dall'aumento del caro petrolifero.

Si giunge, così, alla situazione attuale di un doppio record di **WTI** (il greggio West Texas Intermediate) e del greggio norvegese **Brent**, due dei principali *oil marker* mondiali.

Il prezzo del petrolio (in dollari per barile)

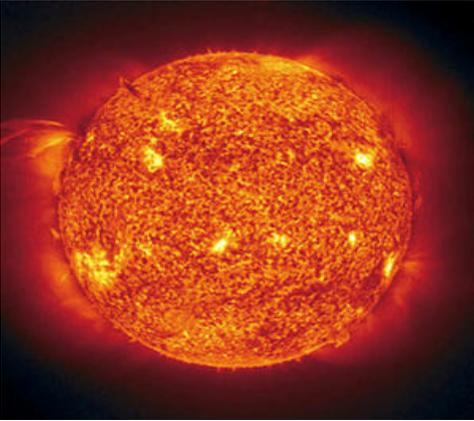
Serie storica: dal 1950 al 1984 Arabian Light,
dal 1985 al 2004 Brent spot, dal 2005 a oggi Wti Usa



Fonte: elaborazione ilsole24ore.com da "Bp Statistical Review of World Energy"

E' proprio in questo frangente di vulnerabilità e squilibrio che entrano in gioco le **risorse energetiche ad alta sostenibilità o fonti rinnovabili**.

FONTI RINNOVABILI

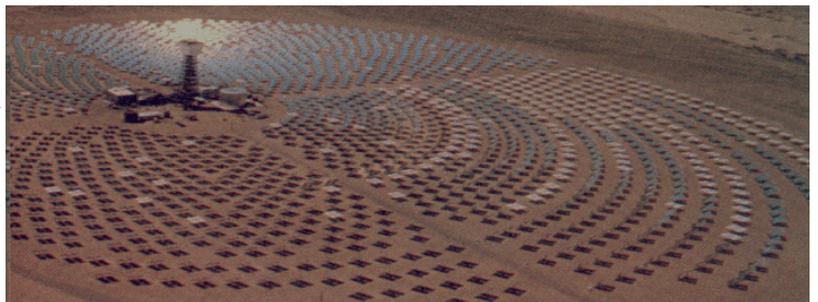


Energia solare

L'energia derivante dall'**irraggiamento** del sole al suolo costituisce un serbatoio immenso di energia pulita, rinnovabile e a costo zero come materia prima, ma non tutta la superficie terrestre risulta omogeneamente irraggiata, per cui questa fonte può essere sfruttata solo entro una fascia ristretta, corrispondente alle regioni comprese tra il 45° di latitudine nord e sud. La disomogeneità dipende **dalla nuvolosità** (le nuvole assorbono una grande quantità di radiazioni), **dall'incidenza dei raggi solari** (maggiore è l'inclinazione dei raggi solari, minore è l'energia che giunge al suolo), **dalla massa atmosferica** che sovrasta la superficie terrestre. Il problema principale incontrato nel suo sfruttamento è dovuto alla sua **diluizione**, per cui sono necessari **spazi relativamente grandi** allo scopo di raccogliere questa energia, ed eventualmente concentrarla. Un altro inconveniente è dato dall'**irregolarità** dell'irraggiamento dovuto all'alternarsi del dì e della notte e dall'alternarsi delle stagioni (quest'ultimo aspetto diviene rilevante nelle zone temperate).

Come fonte di energia diretta il calore del sole non è certo una scoperta recente, ma solo nell'ultimo ventennio, in seguito alla **crisi energetica del 1973**, si è incominciato a guardare con attenzione al sole come fonte alternativa per la produzione di energia elettrica.

La tecnologia più utilizzata è quella della **conversione fotovoltaica**. Centrali elettriche che si alimentano grazie all'energia solare sono già in funzione in diverse parti del mondo, ma la quantità di energia che esse erogano continua a rappresentare una quota irrisoria, rispetto alla produzione mondiale complessiva di energia elettrica. Il più grande impianto in esercizio è situato in California, presso Los Angeles, che, con i suoi 118 pannelli di grandi dimensioni, può generare fino a 10mila kW di elettricità. In Europa, la maggior centrale fotovoltaica sorge ai piedi del Gargano in Puglia, su un'area di 4000 mq.



Il calore del sole, invece, può essere sfruttato per produrre **acqua calda**:

- a bassa temperatura, nei mini-impianti familiari;
- ad alta temperatura, per produrre vapore che mette in funzione una **turbina** per la produzione di energia elettrica, nelle centrali termiche; in queste centrali i raggi

vengono riflessi da numerosi specchi parabolici, fissi, o talvolta mobili, su una caldaia contenente acqua, che viene così portata allo stato di vapore.

Gli inconvenienti derivanti dalla nuvolosità, dalla densità dell'atmosfera e dall'incidenza dei raggi solari hanno indotto i tecnici della NASA, l'ente spaziale americano, a progettare per il futuro il modo di captare l'energia solare nello spazio, sopra l'atmosfera, mediante la collocazione in orbita di un **satellite geostazionario**, capace di catturare l'energia della radiazione solare mediante pannelli fotovoltaici.



Energia eolica

A partire dagli anni Settanta gli studi e le applicazioni tecnologiche legati allo sfruttamento dei **venti** per la produzione di energia hanno avuto un nuovo impulso.

Tre elementi giocano, in particolare **a favore** di questo tipo di energia: è assolutamente *pulita* dal punto di vista ecologico è *rinnovabile* e la materia prima è a *costo zero*.

Per **contro** non tutti i luoghi del pianeta risultano idonei all'installazione di impianti eolici: per l'*irregolarità* dei venti in certe regioni, oppure per la loro *debolezza*, visto che per essere sfruttabili devono soffiare a una velocità non inferiore ai 4 m/s e per almeno un centinaio di giorni all'anno; a causa degli *elevati costi di trasporto* non sono adatti quei siti lontani dai luoghi di utilizzo; la tecnologia sinora elaborata *non consente* di creare stazioni eoliche in grado di fornire *grandi quantitativi* di energia.

Questa forma di energia, comunque, risulta senz'altro competitiva, sia dal punto di vista economico sia dal punto di vista ambientale. Esistono impianti in Canada, Stati Uniti, Belgio, Olanda, Germania, Danimarca.



La Svezia, essendosi impegnata a smantellare le 12 centrali nucleari entro il 2001, ha impostato un nuovo piano che prevede la realizzazione di 300 centrali, ancorate al fondale marino, poco al largo delle coste, per sfruttare sia i movimenti delle masse d'aria di direzione nord-sud, sia le brezze di mare e di terra.

In Italia l'installazione di generatori eolici attraversa una fase ancora sperimentale. Le zone giudicate interessanti per eventuali installazioni sono: il crinale appenninico, le fasce costiere delle regioni meridionali, le isole del basso Tirreno e Pantelleria.



Energia idrica

Grazie all'**acqua** si ottiene su tutta la Terra circa il 6,7% del complessivo fabbisogno energetico e oltre il 20% dell'energia consumata.

Il terzo mondo continua a fare affidamento su questa risorsa economicamente conveniente e pulita, ma messa in discussione a causa del grave **impatto ambientale**. I bacini artificiali, infatti, sconvolgono i precedenti equilibri ecologici, distruggono foreste e risorse faunistiche e generano serie ripercussioni sul clima. Zambia e Zimbabwe, dopo l'inaugurazione della diga di Kariba sullo Zambesi, coprono l'intero loro fabbisogno di energia elettrica con quanto è prodotto dagli impianti che, arrestando il corso del fiume, hanno dato vita a un lago di considerevoli dimensioni.

Nei paesi a più avanzato sviluppo economico, la preferenza per le centrali idriche non è venuta meno, ma si tende a privilegiare gli impianti piccoli, dal minor impatto ambientale. Oggi la tecnologia consente di ottenere energia a prezzi convenienti dando vita così all'installazione di impianti non solo nelle regioni di montagna ma anche in pianura. Nei paesi sviluppati il potenziale idroelettrico è stato fino a ora adeguatamente utilizzato, soprattutto in quelle situazioni caratterizzate da una forte dipendenza dall'estero in campo energetico. Le possibilità di sfruttamento nei paesi in via di sviluppo, invece, viste le abbondanti risorse idriche, appaiono enormi, ma con tutte le riserve derivanti dalle considerazioni ecologiche indicate.

Nel nostro paese l'energia idroelettrica ha giocato un ruolo particolarmente rilevante dalla metà degli anni venti fino agli anni cinquanta. Negli ultimi venti anni si è registrato in sensibile calo, con un tasso che oggi tocca appena il 10%, poichè la forte crescita dei consumi energetici è stata fronteggiata per lo più con il ricorso alle centrali termoelettriche.

Dal moto ondoso degli oceani e dai flussi di marea, teoricamente, si potrebbero recuperare grandi quantità di energia. Il primo impianto per lo sfruttamento dell'energia delle onde di marea è stato costruito in Francia, ma ha parzialmente deluso, poichè il costo di produzione dell'energia si è rivelato superiore a quello idroelettrico convenzionale.



Energia geotermica

La temperatura della Terra aumenta di circa un grado ogni 30 metri di profondità. Nelle zone geologicamente attive, come quelle vulcaniche, il gradiente è ancora maggiore. Oggi in tutto il mondo circa 130 impianti utilizzano il **vapore acqueo** proveniente dal sottosuolo a fini energetici. L'Islanda è il paese dove si dà maggiore importanza alla geotermia, grazie all'abbondanza di questa risorsa. Come

per altre fonti cosiddette alternative, il recupero e l'utilizzazione del **calore** contenuto nella crosta terrestre ha assunto maggiore importanza in seguito all'esigenza di diversificare le fonti di energia.

Quella geotermica è una fonte energetica a erogazione continua e indipendente da condizionamenti climatici, ma essendo difficilmente trasportabile, è utilizzata per usi prevalentemente locali.

La risorsa geotermica risulta costituita da acque sotterranee che, venendo a contatto con rocce ad alte temperature, si riscaldano e in alcuni casi vaporizzano. A causa dell'esaurimento che dopo un certo numero di anni possono subire i campi geotermici, sono stati avviati esperimenti per tentare operazioni di ricarica.

Un interessante uso delle **acque geotermiche a basse temperature** è costituito dall'innaffiamento delle colture di serra o all'irrigazione a effetto climatizzante, in grado di garantire le produzioni agricole anche nei paesi freddi.

Energia dalle biomasse

La legna sotto forma di **combustibile** è la biomassa di gran lunga più importante. Nel Sud della Terra l'80% della popolazione se ne serve quotidianamente per la produzione di energia.

La biomassa costituisce una risorsa rinnovabile e inesauribile, a patto che essa venga sfruttata non oltrepassando il ritmo di rinnovamento biologico. Altri limiti sono rappresentati dall'estensione delle superfici coltivate e dai vincoli climatici che condizionano la crescita delle diverse specie.

Le biomasse hanno origini differenti:

- ? da boschi e foreste **naturali**,
- ? da **piante coltivate** appositamente per scopi energetici,
- ? dai **residui** altrimenti inutilizzabili di produzioni destinate all'alimentazione umana o animale,
- ? da **rifiuti organici**.



In relazione alla loro natura e composizione, le biomasse possono essere convertite in combustibili di vario tipo attraverso tre principali sistemi:

- ? la **gassificazione**, che consiste nel sottoporre le biomasse a processi di **fermentazione anaerobica**, dai quali si ottiene il biogas, una miscela di metano e anidride carbonica;
- ? la **conversione biologica ad alcoli**: l'amido viene demolito a glucosio e poi sottoposto all'azione di microrganismi, che operano la **fermentazione alcolica**; l'alcol è un ottimo carburante, ed è meno inquinante dei derivati del petrolio;
- ? la **combustione diretta**: il calore prodotto può essere convertito in energia elettrica.

Attualmente la biomassa rappresenta una fonte energetica importante solo nei paesi in via di sviluppo, quasi trascurabile è, invece, la funzione che essa svolge nei paesi industrializzati.

ENERGIA NUCLEARE

Non possiamo scordare un'altra alternativa ai combustibili fossili, sviluppata negli ultimi cinquant'anni : l'energia ottenuta tramite **fusione termonucleare**.



L'energia nucleare è una fonte energetica da valutare attentamente sia negli aspetti positivi che negativi. In primo luogo è necessario comprendere il suo funzionamento. Nelle centrali nucleari l'energia scaturisce dal bombardamento dell'uranio con neutroni. Il nucleo dell'uranio si divide in due nuclei più piccoli tramite un processo detto di '**fissione nucleare**' durante il quale si genera energia e altri neutroni che, a loro volta, continueranno a far dividere i nuclei di uranio dando luogo alla famosa '**reazione a catena nucleare**'. Durante questo processo viene emessa radioattività ad alta intensità. Gli oggetti e i metalli esposti alle radiazioni diventano essi stessi radioattivi, ossia scorie radioattive. Le scorie dovranno essere stoccate per migliaia di anni fin quando non decade il livello di radioattività. Il grado di radioattività non consente all'uomo di avvicinarsi alle scorie e, al momento, la scienza non è in grado di distruggere le scorie radioattive o di accelerare il periodi di decadimento della radioattività.

L'uranio è la materia prima delle centrali nucleari a fissione. Una minima quantità di uranio consente di produrre un'elevata quantità energia, e a differenza del carbone o del petrolio, senza emissioni di anidride carbonica (principale causa dell'effetto serra). Non esistono stime ufficiali sull'estrazione annuale di uranio. Questi dati sono coperti dal segreto militare o dal segreto di Stato.

Questi, dunque, sono i vantaggi che hanno determinato lo sviluppo dell'energia nucleare nella seconda metà del novecento. Su altri aspetti, tuttavia, il nucleare non trova ancora valide risposte:

- ? **Il principale svantaggio del nucleare sono le drammatiche conseguenze in caso di incidente.** L'epilogo di Chernobyl ha causato conseguenze globali (possiamo osservare nell'immagine qui sotto l'espansione massima della nuvola radioattiva generata dal disastro) e, ancora oggi, non si conosce il reale impatto sulla salute. Se da un lato le nuove centrali di ultima generazione garantiscono un livello di sicurezza elevato, dall'altro non si può fare a meno di pensare che anche la centrale di Chernobyl era stata considerata sicura a suo tempo.



- ? **Le scorie radioattive devono essere stoccate per migliaia di anni.** Nessun paese al mondo è giunto a una soluzione definitiva di stoccaggio. In Italia, nel 2003 si fermò in protesta un'intera regione italiana per impedire la realizzazione di un deposito geologico di scorie.
- ? **La produzione di armi nucleari resta l'ultimo grande handicap.** Non si può negare un legame tecnologico tra la produzione civile di energia nucleare e l'industria bellica. Nel 2004 gli USA e altri paesi occidentali fecero grande pressione sull'Iran per impedire la costruzione di una centrale nucleare civile proprio per il timore che questi impianti fossero utilizzati anche per finalità belliche. Pertanto il legame tra le due attività esiste.
- ? **Il costo reale del nucleare.** Da circa 15 anni nessun paese occidentale, salvo la Finlandia, ha messo in cantiere nuove centrali nucleari. Il nucleare comporta costi elevati fin dalla realizzazione degli impianti. Vanno poi ad aggiungersi i costi militari per garantire la sicurezza dagli attentati terroristici e i costi per smantellare la centrale nucleare al termine della sua attività. Tutti questi costi non sono sostenibili da un'industria privata. Lo Stato deve necessariamente intervenire a copertura delle spese aumentando tasse e imposte ai contribuenti. In breve, il basso costo dell'energia in bolletta potrebbe essere più che compensato dall'aggravio fiscale in termini di imposte.
- ? **La localizzazione degli impianti nucleari.** Le comunità locali sono restie ad accettare un deposito di scorie o una centrale nucleare vicino casa.

Abbiamo considerato sia i pro sia i contro dell'energia nucleare. Volendo sintetizzare, il nucleare a fissione realizzato con reattori di ultima generazione (attualmente siamo arrivati alla terza generazione) è relativamente sicuro. Resta però il problema dei costi sociali e quello della localizzazione delle centrali e del deposito di scorie. Finora nessuna soluzione sembra essere stata condivisa con i cittadini del luogo destinato ad ospitare un deposito di scorie.

NUCLEARE IN ITALIA ?

E' d'obbligo, tuttavia, un approfondimento sulla **situazione del nucleare nel nostro paese**, in merito ai più recenti sviluppi sull'argomento.

Con il **referendum abrogativo del 1987** fu "di fatto" sancito l'abbandono da parte dell'Italia del ricorso al nucleare come forma di approvvigionamento energetico e in poco tempo le quattro centrali nucleari in Italia furono chiuse. Ancora oggi, tuttavia, i rifiuti radioattivi sono custoditi non in condizione di massima sicurezza e in più località (generalmente nei pressi delle vecchie centrali nucleari). Resta ancora da effettuare il totale smantellamento, la rimozione e la decontaminazione (operazioni definite di "**decommissioning**") di strutture e componenti degli impianti nucleari in Italia. Ricordiamo le **centrali nucleari ex-Enel**: Trino Vercellese (Vercelli), **Caorso** (Piacenza), Latina, Garigliano (Caserta);

E gli **impianti del ciclo del combustibile ex-Enea**: EUREX di Saluggia (Vercelli), FN-Fabbricazioni Nucleari di Bosco Marengo (Alessandria), OPEC in Casaccia (Roma), Plutonio in Casaccia (Roma), ITREC in Trisaia - Rotondella (Matera).

Diversi sono i motivi per cui il problema della sistemazione definitiva di tutto il materiale radioattivo e degli alti costi relativi al loro smaltimento è ancora da risolvere. Il Governo ha attualmente affidato questo compito alla Sogin (Società Gestione Impianti Nucleari Spa).

In seguito alle recentissime elezioni, tuttavia, il nuovo corpo governativo del **Popolo della Libertà** guidato da **Silvio Berlusconi** ha preposto come uno dei punti chiave del suo programma il rilancio del

nucleare per rilanciare lo sviluppo dell'economia italiana e superare l'attuale crisi energetica del paese, dovuta al caro dei combustibili fossili e soprattutto alla totale dipendenza dai paesi fornitori. Ricordiamo le problematiche insorte a causa della minaccia da parte della Russia di "chiudere le tubature del gas" per l'Italia e dei continui aumenti del costo del carburante, che hanno annullato la differenza del costo tra benzina verde e gasolio, causando non pochi problemi ai portafogli degli Italiani.

Si sta pensando, inoltre, alla rivalutazione del progetto internazionale dei reattori nucleari "anti-scorie", quali **IGNITOR** e **ITER**.

Si tratta, tuttavia, di progetti totalmente teorici, in quanto non è ancora stato dato il via libera neppure alla costruzione di prototipi. **IGNITOR**, in base alle ultime ricerche, risulta il progetto con maggiore probabilità di realizzazione.

IGNITOR, teorizzato sin dagli anni '70, è un prototipo di impianto di fusione nucleare per la fusione del nucleo di due materiali, **deuterio** e **trizio**, in un ambiente confinato elettromagneticamente, scaldati ad elevatissime temperature. Occorre in fatti una energia pari a ben **1000 mega watt** per innescare la reazione. Dall'unione dei due atomi derivano acqua e elettroni liberi che sono carichi di energia: alla loro presenza sono legate le aspettative di uno sfruttamento commerciale energetico.

Uno dei dubbi è relativo al fatto che non si conosce al momento attuale un sistema per utilizzare tutto il calore che si sprigiona all'interno della macchina.

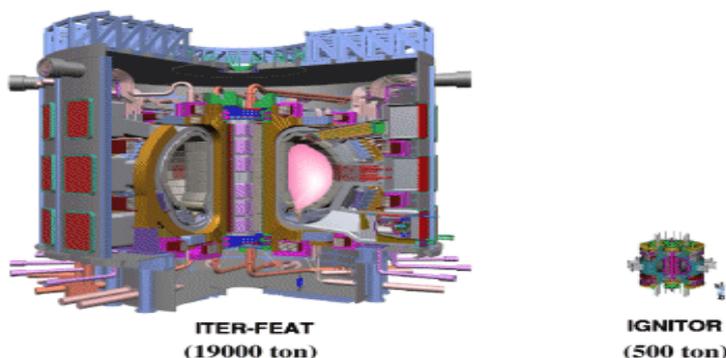
Il progetto prevede un utilizzo complessivo di **3 grammi di trizio** (un milligrammo di trizio è già letale per le persone anche per il semplice contatto). La reazione, quindi, non genererebbe scorie, come la classica fissione, nella quale le barre utilizzate rimangono comunque radioattive e pericolose, ma tutta la struttura rimane irradiata. Questo significa che una volta obsoleta, deve essere smantellata e resa innocua con un "sarcofago" di cemento che richiederà anche una costante operazione di vigilanza da parte delle autorità. Proprio a fronte di questo problema il progetto non trova ancora approvazioni definitive.

Si propone, dunque, la costruzione di un prototipo per verificare se l'ipotesi teorica è realmente funzionante. Basterebbe, infatti, ottenere una reazione di alcune frazioni di secondo per avere le risposte necessarie.

A capo di questo progetto sta l'italiano **Bruno Coppi**, maestro della fisica dei plasmi al MIT di Boston.

IGNITOR, oltre ad avere maggiori probabilità di successo di **ITER**, è anche più economico (costi di allora 20.00 miliardi di lire per **ITER** e 500 miliardi per **IGNITOR**) e dotato di minori dimensioni.

ITER/Ignitor: dimensioni relative



Da quanto detto, sembra evidente che l'unica energia che possiamo lecitamente utilizzare è quella di **origine solare diretta**. Se consideriamo i gravi danni di impatto ambientale delle energie eolica, idroelettrica, fotovoltaica, pure di origine solare, risulta evidente che l'unica energia che si può utilizzare è quella **solare-termica**, senza esagerare per non introdurre disturbi eccessivi negli

ecosistemi locali.

Dove va a finire tutta questa energia? Ad alimentare altri consumi, costruzione di impianti, scomparsa di risorse e accumulo di rifiuti. Strade, macchine, città, al posto di paludi, foreste e praterie.

La causa del problema è la crescita di tutti i consumi, non solo quelli energetici. La questione, dunque, è senza via di uscita: si può solo guadagnare tempo, un risultato comunque molto utile, perché può consentire di giungere finalmente ai tempi necessari per il cambiamento dei fondamenti culturali e delle **ideologie antropocentriche**.

I vari protocolli dei convegni internazionali, pur animati dalle migliori intenzioni, non potranno **mai** essere rispettati. Se diminuiscono le emissioni di anidride carbonica, crescerà qualche altro inquinamento o qualche altro guaio se non vogliamo fermare la crescita! Siccome nessun governo parlerà mai in tal senso, quegli impegni non potranno essere rispettati anche se vengono presi in buona fede. E', infatti, evidente che un governo che non pone tra i suoi primi obiettivi lo "sviluppo economico" non resta in carica neanche un'ora.

Il problema energetico non consiste nella ricerca delle fonti più opportune per soddisfare i fabbisogni imposti dal modello ma è uno dei segni dell'impossibilità di lasciar perdurare nel tempo il modello industriale in continua crescita.

A questo punto dovremmo chiederci cosa possiamo fare **noi** nella nostra vita quotidiana per aiutare quell'ecosistema di cui facciamo parte. Le migliori soluzioni in questa prospettiva sono offerte da quel sistema di innovazioni tecnologico-abitative che costituisce la **BIOEDILIZIA**.

BIOEDILIZIA

Ecovillaggi e architettura bioclimatica

Se ne parla sempre più spesso ma cosa è la bioedilizia? Proviamo a fornire qualche esempio pratico per rendere meglio l'idea:

1. ***Illuminazione naturale***

La luce esterna può aumentare la luminosità degli ambienti interni riducendo la necessità di consumare energia elettrica.

2. ***Pannelli solari fotovoltaici e termici***

Prevedere l'installazione di impianti a pannelli solari per produrre energia elettrica e acqua calda fin dalla fase di progettazione dell'edificio non costa molto.

3. ***Serre***

Alcuni ambienti possono essere progettati con la funzionalità tipica delle serre. La serra assorbe il calore solare riutilizzandolo per finalità energetiche (es. riscaldamento).

4. ***Climatizzazione/raffrescamento naturale***

L'eco-architettura favorisce l'uso delle risorse naturali e rinnovabili anche nel raffrescamento degli ambienti tramite l'uso di condotti d'aria sotterranei o mediante una gestione delle ventilazioni naturali o dei movimenti d'aria. Nelle estati torride degli anni '70 si trovava piacevole refrigerio aprendo la porta di casa e facendo circolare l'aria fresca delle scale. Piccoli stratagemmi del nostro passato che l'eco-architettura riutilizza in modo scientifico. Il **raffrescamento naturale** evita di ricorrere ai climatizzatori elettrici con grande risparmio di energia elettrica in bolletta e con grande abbattimento dell'inquinamento esterno.

5. ***Una casa immersa nel verde***

La bioarchitettura non porta l'edilizia nei luoghi naturali, bensì integra il verde e la natura nelle

località urbane residenziali. Questo comporta un mix ottimale tra comfort e natura, migliorando il piacere e la qualità della vita.

6. *Il risparmio energetico*

L'eco-architettura e l'architettura bioclimatica disegnano un nuovo concetto di "edilizia verde" nel pieno rispetto dell'ambiente, con una **minore spesa** per chi ci abiterà. L'edilizia verde può ridurre del 50% la spesa energetica delle famiglie e abbattere l'inquinamento di CO2 prodotto dal riscaldamento, l'illuminazione e la climatizzazione.

In conclusione l'eco-architettura ha come scopo il miglioramento del benessere e della qualità della vita. Le nuove abitazioni godono infatti di particolari accorgimenti tali da ridurre l'inquinamento e i consumi/spese senza intaccare le comodità del vivere moderno alle quali siamo abituati. In breve, la bioedilizia ha sicuramente costi maggiori ma consente un vantaggio in termini di benessere e di risparmio in bolletta (oltre ad aumentare il valore patrimoniale dell'immobile, in quanto secondo le ultime notifiche governative, chi apporta modifiche considerevoli a favore della bioedilizia riceve notevoli incentivi statali).

Se queste, dunque, sono le soluzioni alle quali si può giungere oggi grazie al continuo progredire delle tecnologie, viene da chiedersi come **i popoli del passato** sfruttassero le condizioni ambientali e climatiche del loro tempo e risulta molto interessante il fatto che si possano trovare numerose punti in comune con le tecniche odierne di utilizzo delle risorse, in particolare l' **ARCHITETTURA SOLARE**.

ARCHITETTURA SOLARE

Il 99,98 per cento dell'energia disponibile sulla Terra è energia solare, Dall'architettura solare, che appunto si serve principalmente degli apporti energetici solari (gratuiti), ci si aspetta un significativo risparmio energetico e la riduzione dei consumi delle fonti energetiche fossili, quindi meno emissioni che alterano il clima.

Per illustrare la convenienza dello sfruttamento passivo dell'energia solare, si vedono spesso citati esempi di architettura "solare" con i quali dimostrare che, già in antichità, l'energia solare era sistematicamente sfruttata nell'architettura e nell'urbanistica. In altre parole, questi esempi dovrebbero dimostrare che l'uomo ha costruito le sue case, già migliaia di anni fa, secondo i principi dell'architettura solare fa con l'obiettivo di riscaldarli con grande vantaggio per se e per l'ambiente. L'obiettivo di far contribuire il sole, come fonte rinnovabile, al riscaldamento dei nostri edifici è, invece, un obiettivo recente. In passato, nei secoli prima del Settecento a nessuno è mai venuta l'idea di riscaldare un intero edificio e, riscaldarlo con l'energia solare, era semplicemente assurdo perché mancavano le finestre vetrate. **Le esigenze climatiche nel passato**

Parlando di architettura dell'antichità greca e romana, ci riferiamo in primo luogo all'area mediterranea e alle sue condizioni climatiche. Il clima mediterraneo è un clima temperato, caratterizzato da estati calde ed inverni miti. In questa regione, una casa deve offrire soprattutto ombra e freschezza in estate e un po' di caldo in inverno. Nei paesi mediterranei, Italia, Grecia, Sicilia e Nordafrica, la gente teme più il forte caldo estivo che il freddo invernale.

Nell'era preindustriale non si trascorrevano così tanto tempo all'interno degli edifici come invece si fa oggi. La gente svolgeva la maggior parte della sua vita all'aperto: oltre il novanta per cento della popolazione lavorava la terra, allevava bestiame, si occupava di caccia e di pesca o di altre attività all'aperto. Il resto abitava e lavorava in città. Ma anche in città si trascorrevano la maggior parte del giorno all'aperto: nel cortile della casa, nelle vie e nelle piazze, ambienti spesso più salubri rispetto agli umidi locali delle case.

Le case non erano riscaldabili come oggi lo sono le nostre, soprattutto perché mancava un elemento essenziale per lo sfruttamento passivo dell'energia solare: le finestre vetrate. Pertanto, per potersi

riscaldare si doveva stare presso il fuoco della cucina o di un braciere. Più facilmente ottenibile del caldo in inverno, era la freschezza in estate, creare un angolo con un po' d'ombra non era molto difficile. I muri di pietra delle case mantenevano inoltre sempre un po' d'umidità e questa, in estate, era già sufficiente per abbassare un poco la temperatura. Nei muri della casa c'erano anche delle piccole aperture, chiudibili con degli sportelli di legno, che consentivano un'efficace ventilazione. Nelle stanze non occorreva molta luce, perché, di solito, come detto, i lavori si svolgevano in cortile, nei laboratori o nelle botteghe aperte verso la strada.

In epoca greca e romana, le persone non avevano le stesse nostre stesse esigenze. La gente era abituata al cambio stagionale delle temperature e nessuno pretendeva, come oggi, di avere in casa una temperatura al di sotto dei 20°C in inverno e non oltre i 26°C in estate. Contro il caldo estivo ci si proteggeva stando all'ombra e in luoghi ventilati, mentre, contro il freddo invernale, ci si proteggeva indossando indumenti pesanti, o stando al sole nelle giornate serene o, se il cielo era coperto, al fuoco della cucina o presso il braciere.

I metodi tradizionali per procurarsi calore e luce erano piuttosto primitivi e inefficienti, soprattutto in confronto al livello di certe invenzioni meccaniche delle civiltà antiche. Per millenni, nella storia preindustriale, le persone si riscaldavano al focolare di casa. Un'illuminazione assai misera proveniva dalla luce vacillante del fuoco, da una lampadina ad olio oppure da una candela.

L'energia in antichità

Le crisi energetiche non sono un fenomeno solo dei nostri giorni, ma esistono da sempre, perché di energia non se ne ha mai abbastanza. In antichità, le maggiori risorse energetiche erano la forza umana ed animale, la legna e il sole.

Per poter contare sulla forza di una persona o di un animale bisognava prima nutrirli: senza cibo, nessuna forza. Il cibo si può raccogliero in natura o produrlo con i mezzi dell'agricoltura e dell'allevamento. Il metodo più efficiente è la produzione agricola perché rende più sicuro l'approvvigionamento. Ed è proprio la sicurezza di approvvigionamento che sta alla base di qualsiasi cultura. Solo persone e animali ben nutriti sono capaci di eseguire opere che consideriamo di cultura. Non a caso, le prime grandi civiltà del mondo sono sorte in valli dove l'agricoltura era facilitata da grandi fiumi che fertilizzavano la terra.

Per produrre una semplice ciotola di terracotta bisogna avere argilla per plasmarla e legna per cuocerla. Sin dal neolitico, la legna è usata non solo per cucinare i cibi, ma anche per produrre stoviglie di ogni genere. La cottura dei mattoni verrà molto più tardi, perché esige molto più combustibile.

L'energia del sole era molto meno importante della legna e della carbonella ottenute da questa. I prodotti d'argilla – stoviglie e mattoni - si possono asciugare ed essiccare al sole, ma non cuocerli. Nelle valli del Nilo, dell'Indo e dell'Eufrate, dove sono nate le prime grandi civiltà umane, il sole non manca e il clima è molto caldo. Non si aveva bisogno di riscaldare le case; così come oggi, bisognava piuttosto rinfrescarle con la ventilazione. Ma anche per la ventilazione il sole è importante. Il sole riscaldando l'atmosfera mette in movimento l'aria e genera quindi il vento che consente di raffrescare le case durante la notte. Il vento, inoltre, aveva molta importanza anche per la navigazione.

La principale fonte energetica era dunque la **legna**. Il legno era una risorsa molto sfruttata, perché con essa si costruiva quasi tutto: case, navi, carri, attrezzi, macchinario e arredi. Molta legna occorreva per la cottura di laterizio e di calce, nonché per fondere e lavorare i metalli. Le molte montagne carsiche nei paesi mediterranei testimoniano palesemente il secolare e sconsiderato disboscamento per procurarsi l'energia necessaria.

In epoca greca e romana, si cominciò ad attrezzare le case con bagni e a costruire bagni pubblici.

Questi ammodernamenti aumentavano ulteriormente la richiesta di combustibile: bisognava riscaldare

l'acqua e gli ambienti. Per risparmiare legna si doveva sfruttare l'energia solare, cosa abbastanza difficile senza finestre vetrate. Il vetro in lastre, utilizzabili nella costruzione di finestre, apparve a Roma solo alla fine del secolo I, ma era talmente caro che poté essere impiegato solo negli edifici pubblici e nelle ville dei ricchi. Le grandi terme romane, che sono i più impressionanti esempi dello sfruttamento passivo dell'energia solare nell'architettura, avevano delle finestre vetrate, lo dimostrano i cocci di vetro rinvenuti.

Le fonti antiche

Sembra che l'argomento "architettura e sole" sia stato trattato da molti scrittori antichi, però solo pochi dei loro scritti ci sono pervenuti. Troviamo nei testi di alcuni autori greci riferimenti sullo sfruttamento del sole, ma la maggiore fonte letteraria è **Vitruvio**, ossia i suoi dieci libri che compongono il celebre *De Architectura*. Vitruvio, nonostante le sue personali esperienze nel campo dell'architettura, nell'esposizione delle sue teorie attinge spesso da autori greci. Oltre ai testi di Vitruvio, conosciamo i testi latini dei cosiddetti scrittori "agricoli" – **Catone** nel suo *De Agricultura*, Columella, Varrone e Palladio che trattano il tema dell'architettura solare in riguardo alla villa rustica, cioè agli edifici agricoli.

Aristotele, che si attiene alle teorie dei medici della sua epoca, parla della migliore esposizione del sito di una città in riguardo al vento e al sole.

Importanti informazioni sull'architettura e sull'urbanistica dell'antichità sono le case e le città scavate dagli archeologi. Non bisogna sorprendersi se i fatti archeologici non sempre corrispondono alle testimonianze scritte. Nell'urbanistica e nell'architettura le teorie e la prassi spesso divergono e, per conoscere la realtà, è sempre meglio far capo a riscontri archeologici.

Per renderci conto del ruolo che aveva il sole in epoca antica, possiamo prendere come spunto un vero esempio di architettura solare in epoca classica: la **Domus Romana**.

La domus Romana

La classica casa romana è la *domus*, l'abitazione di una famiglia patrizia, una casa ad atrio, che si sviluppa in orizzontale su un unico piano. La *domus* aveva normalmente una pianta rettangolare che prevedeva la disposizione simmetrica degli ambienti. Entrando attraverso il vestibolo (*vestibulum*), sollevato per alcuni gradini dal piano della strada, e percorrendo un breve corridoio (*fauces*) si arrivava nell'atrio (*atrium*). L'atrio era l'ambiente centrale in cui ricevere la mattina le visite dei clienti e da cui accedere agli altri locali. L'atrio riceveva luce dall'alto, da un'apertura, chiamata *compluvium*, nel tetto. Direttamente sotto quest'apertura, incassata nel pavimento, c'era una vasca quadrangolare, l'*impluvium*, destinata a raccogliere l'acqua piovana la quale serviva per lavare stoviglie e panni, oppure per irrigare l'orto. Spesso, sotto il pavimento, era scavata anche una cisterna che conteneva una maggiore riserva d'acqua piovana.



L'elemento più caratteristico della casa romana, l'*atrium*, riceve luce dall'alto, attraverso il *compluvium*. La luce penetrata da questa apertura illumina un poco anche i locali che circondano l'atrium, anche se, tuttavia, rimangono comunque meno luminosi rispetto agli ambienti raggruppati attorno ad un cortile. Altra luce può conferirla il piccolo giardino dietro la casa, ma l'illuminazione e il **soleggiamento** degli ambienti saranno migliori solo quando la casa ad atrio sarà ampliata con l'aggiunta di un vasto giardino (peristilio). Il peristilio con il suo porticato consente di godere il sole in inverno, ma soprattutto di potersi riparare all'ombra in estate, stagione in cui le piante e le fontane nel giardino procurano ulteriore freschezza. Disporre le stanze con un preciso riferimento al sole, secondo le teorie di Vitruvio, è possibile solo nelle grandi ville con peristilio, cioè laddove si ha spazio sufficiente per realizzare un grande giardino.

Questo tipo di casa, nato nel clima mite della Campania, con l'espansione dell'Impero Romano si diffuse in tutto il territorio romano, anche in regioni dove le condizioni climatiche erano molto diverse da quelle italiane, come in Francia e in Germania, regioni per le quali questa non era certo una forma di casa molto adatta. Le case costruite in pietra andavano bene in aree abbastanza asciutte come quelle sulle colline italiane, ma sui terreni piuttosto umidi della Francia e della Germania rappresentarono una vera e propria fonte di malattie. È significativo il fatto che, quando nel III e IV secolo d. C. gli Alemanni occuparono i territori del Reno superiore, non vollero riutilizzare le ville rustiche romane, abbondanti in quella zona, ma preferirono costruirsi le loro case tutte in legno che, ovviamente, erano molto più adatte ai loro freddi e umidi climi e perciò anche più salubri.

Fonti

- ? *Geografia Generale terza ed.- Neviani-Pignocchino Feyles*
- ? *La conoscenza del mondo fisico- Bergamaschini –Marazzini -Mazzoni*
- ? *Il mondo senza di noi - Alan Weisman*
- ? *Una scomoda verità – Al Gore*
- ? *De Architectura – Vitruvio*
- ? *De Agricultura - Catone*
- ? *www.google.it*
- ? *www.ilsole24 ore.com*
- ? *www.corriere.it*
- ? *www.greenpeace.it*