

IL FUTURO NUCLEARE

COMPETIZIONI ENERGETICHE

Un'analisi scientifica dello sviluppo dell'energia nucleare è possibile al di là delle emozioni che ancora suscita questa parola

di Cesare Marchetti

International Institute for Applied Systems Analysis - Laxenburg - Austria

**Evoluzione delle Fonti
di energia primaria
nel mondo**

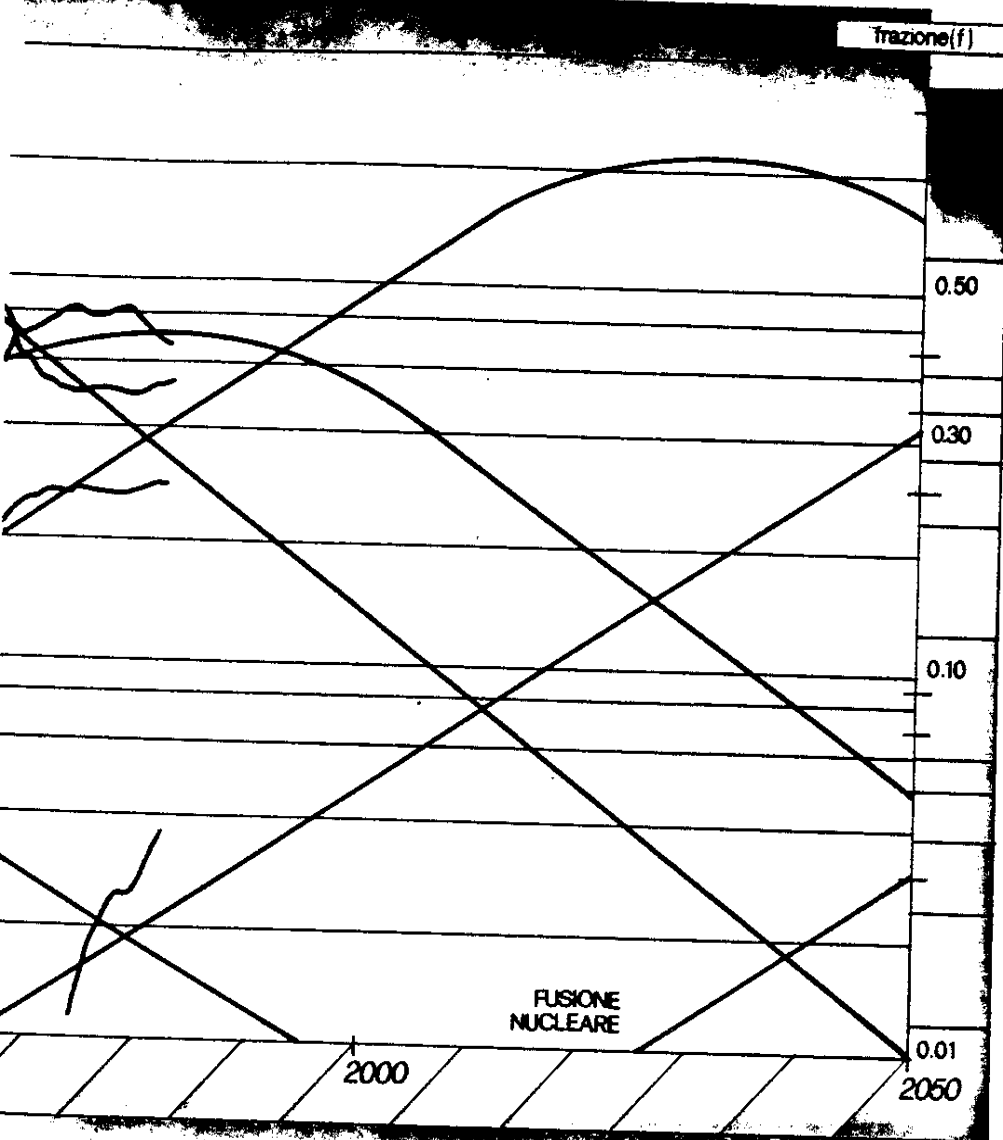


FIGURA 1

f = quota percentuale che ciascuna fonte occupa nel consumo energetico mondiale, quindi $f = 0.50$ vuol dire 50%. Ogni valore di f corrisponde ad un valore di $f/(f-1)$. La costante di tempo è il tempo necessario per passare dall'1% (0.01) al 50% (0.50), misurato in anni.

DIMENSIONE ENERGIA



Ente Nazionale per l'Energia elettrica
Editore

00198 - Roma, Via G. B. Martini, 3

Ermesto Giorgio Tambertani
Direttore responsabile

Novembre-Dicembre 1985

FIG.1

ENERGY COMPETITION

The very mention of the word «nuclear» is often enough to trigger off a series of emotive reactions that only serve to hinder an objective appraisal of the issue. Not that this situation changes much when debate over the nuclear choice is in the hands of commentators whose professional objectivity is normally taken for granted. What it comes down to is the inability to accept the speed with which nuclear energy can replace those primary fuel sources which are looked upon benevolently due to their long-established role and familiarity in industrial society. Nor should it be forgotten that nuclear energy, unlike gas, coal or fuel oil, does not enter directly into the consumer's home but remains an outsider - the first link in the energy production chain.

equazioni sono di una rudimentalità suprema (anche se poi di difficile soluzione) e riducono ad un solo parametro essenziale la dinamica di sistemi estremamente complessi come quello di due o più specie viventi che competono ed interagiscono nel loro ambiente naturale.

Non entrò naturalmente negli intrighi matematici molto ben trattati dal Volterra stesso e più recentemente dal Montroll e mi limiterò ad analizzare i miei oggetti usando due tipi di soluzioni semplici, che valgono quando la competizione è molto creativa, cioè quando specie mutate si succedono a corti intervalli, e quando una specie compete con se stessa, nel senso che i membri della sua popolazione accedono a risorse limitate (la nicchia). In ambedue questi casi la consistenza delle popolazioni è descritta nel tempo da equazioni logistiche o loro sistemi.

Tanto per scender subito in medias res, la Fig. 1 riporta la competizione tra le energie primarie, legno, carbone, petro-

lio, gas, nucleare, che competono per la «nicchia» costituita dal mercato energetico. La posizione tenuta in ciascun momento dal concorrente i è descritta dalla frazione di mercato che copre, F_i . Le equazioni descrivono la dinamica temporale di queste frazioni di mercato. I dati statistici sono rappresentati dalle linee spiegate e le equazioni da quelle lisce.

Il parametro essenziale di cui parlavano prima è un parametro cinetico, proprio come nel caso di una reazione chimica, che descrive la velocità della conquista del mercato da parte di un concorrente, a spese degli altri. Per meglio visualizzarlo lo ho riportato come una costante di tempo, cioè il tempo per andare dall'un per cento al cinquanta per cento del mercato. Nel caso riportato in Fig. 1, questa costante è dell'ordine di cento anni. Gli elefanti hanno gravidanze lunghe. E gli entusiasti, come vedremo, rischiano di passare per visionari.

La cosa per me più rimarchevole nella Fig. 1, è la stabilità delle sostituzioni su

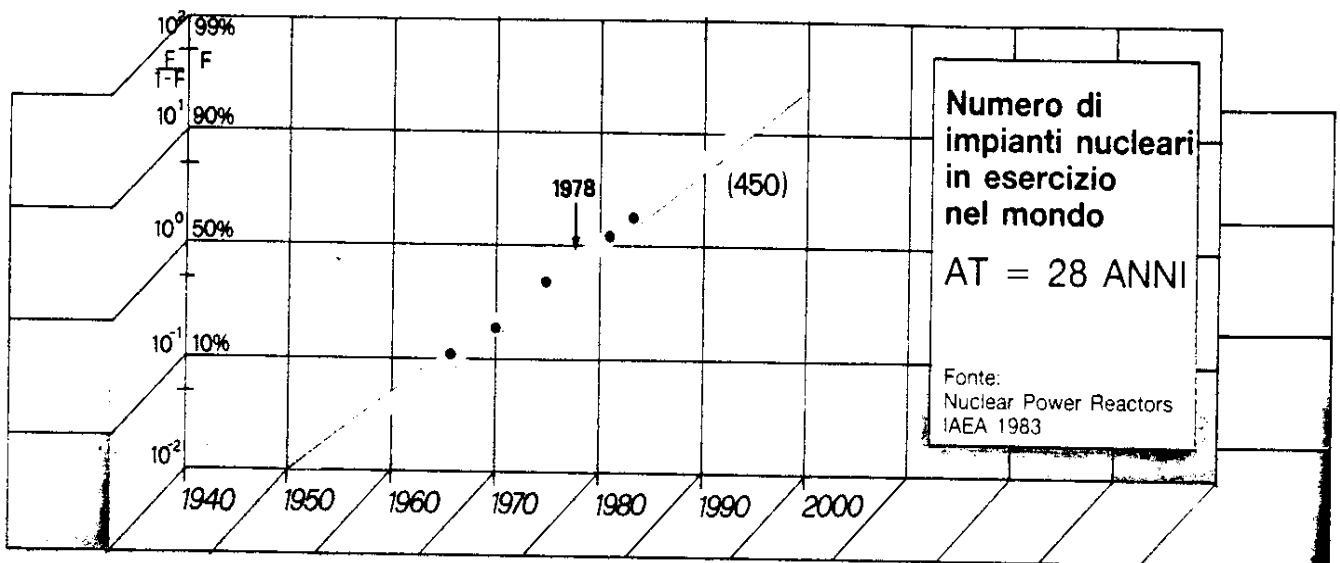


FIG. 2

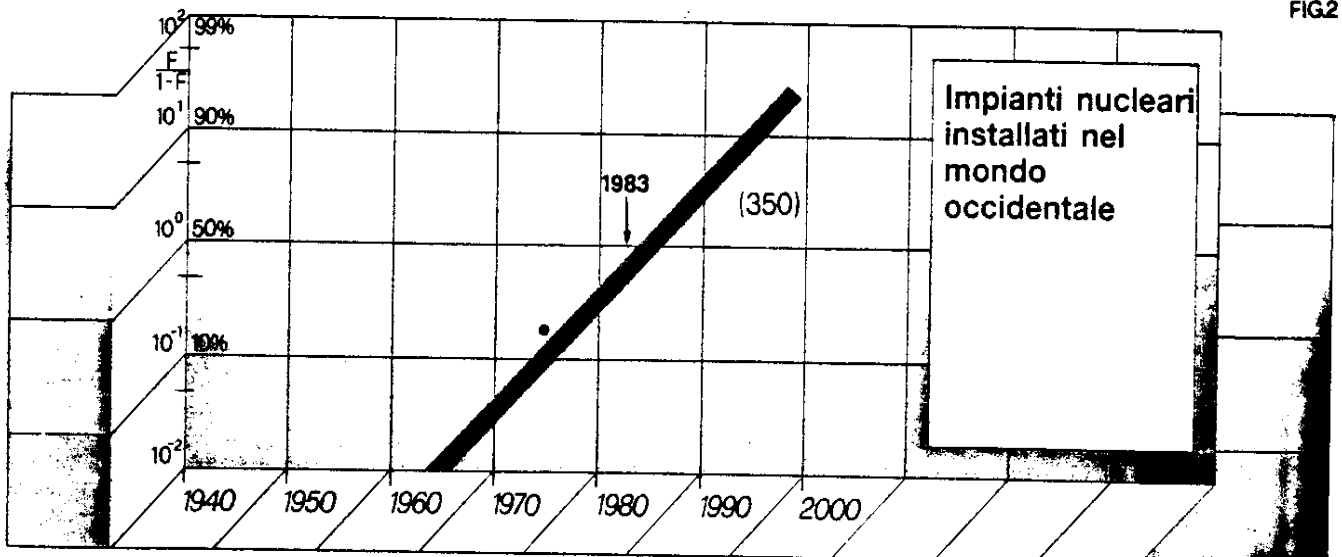


FIG. 3

periodi di tempo così lunghi e che tempi! Guerre, recessioni, innovazioni non inducono che piccole deviazioni i puntigliosamente riassorbite. E questo non è affatto legato all'aggregazione dei dati a livello mondiale. Nelle svariate centinaia di casi esaminati, disaggregati fino quasi al livello individuale, i fenomeni sono precisamente gli stessi.

La seconda osservazione è che l'energia nucleare è fino ad ora penetrata ad una velocità molto superiore a quella che la sistematica delle dinamiche comporterebbe. Quando diverse «specie» si succedono in una «nicchia» e queste possono essere diverse tecnologie che competono per lo stesso obiettivo, si hanno di solito piccoli drift nelle costanti di tempo della penetrazione, di solito con una leggera riduzione della costante per le tecnologie più recenti. La linea-equazione del nucleare è stata tracciata seguendo queste regole. Il fatto che la linea-dati del nucleare ab-

bia una pendenza molto maggiore, significa che questa tecnica ha avuto una performance brillantissima. Questa affermazione è in ovvio contrasto con quanto si legge sui giornali, dove però il contesto di riferimento è l'immaginazione degli entusiasti, spesso molto distante dal mondo reale in cui le cose si muovono.

La ragione di questa penetrazione accelerata è con ogni probabilità dovuta al fatto che l'energia nucleare non vede direttamente il sistema degli utilizzatori finali, come le altre fonti energetiche, ma si espande all'interno di un sottosistema, quello delle reti elettriche, che già ne possiede le connessioni.

Un fenomeno del tutto analogo si è osservato analizzando la penetrazione del metano in nazioni che già possedevano reti per la distribuzione di gas di città o di altoforno. La situazione ha due conseguenze: che la penetrazione avrà presto un ginocchio, quando la quota di generazione elettrica accessibile al nu-

cleare sarà stata riempita e che l'ulteriore penetrazione di una rete di distribuzione ad hoc.

Questa seconda rete deve soddisfare ovviamente la domanda di energia non elettrica, ad es. quella di combustibili per i trasporti e si può supporre che il vettore energetico sia di natura chimica. Il problema è stato sviscerato durante gli ultimi dieci anni in migliaia di lavori e decine di congressi ed il candidato numero uno appare l'idrogeno, ottenuto dalla decomposizione dell'acqua coll'ausilio dell'energia nucleare. Tanto per fare le cose semplici, il sistema finirebbe con l'avere una configurazione molto simile a quella del metano, con reattori nucleari al posto dei giacimenti. In una fase intermedia questo idrogeno potrebbe però venire insinuato in vari modi nella rete dei combustibili fossili. Fino a qui il mondo è stato il teatro, ma come ho detto, non c'è problema a guardare attentamente nel particolare. Come sottocchie conviene di solito

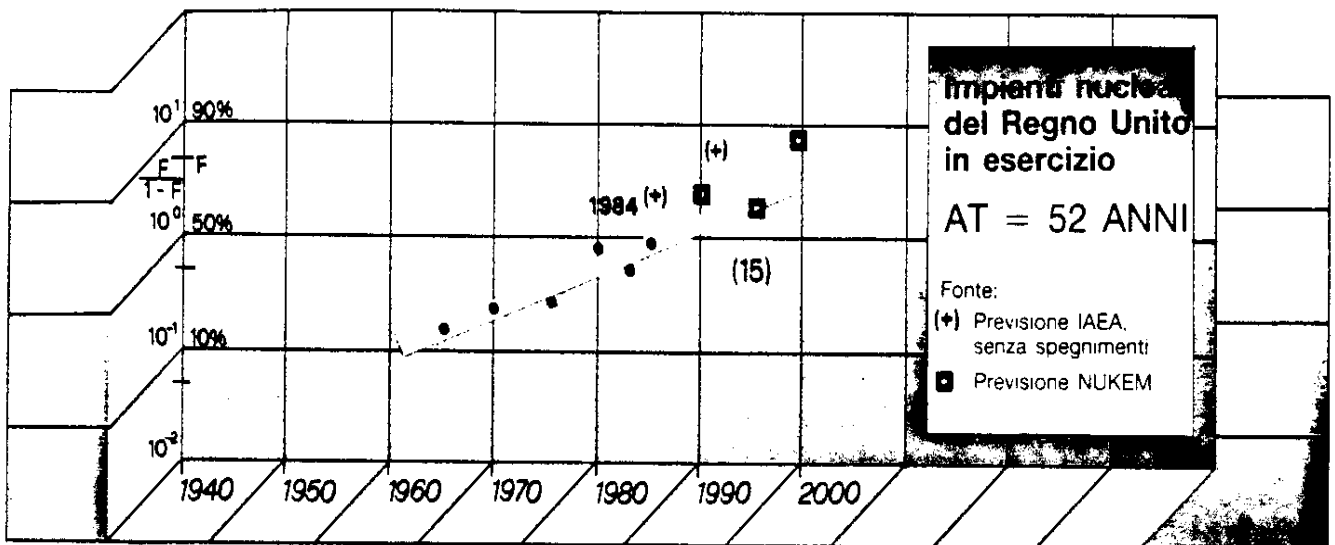


FIG. 4

FIGURE 2, 3, 4, 5

Il numero in (), 450 per la fig. 2, è il numero finale, cioè a saturazione avvenuta, di centrali nucleari installate nel mondo. L'anno (1978 per la fig. 3) è l'anno in cui sono state installate la metà delle centrali ($F = 50\%$) e $AT = 28$ anni costante di tempo (1950-1978) cioè il numero di anni necessario per passare da $F = 1\%$ a $F = 50\%$.

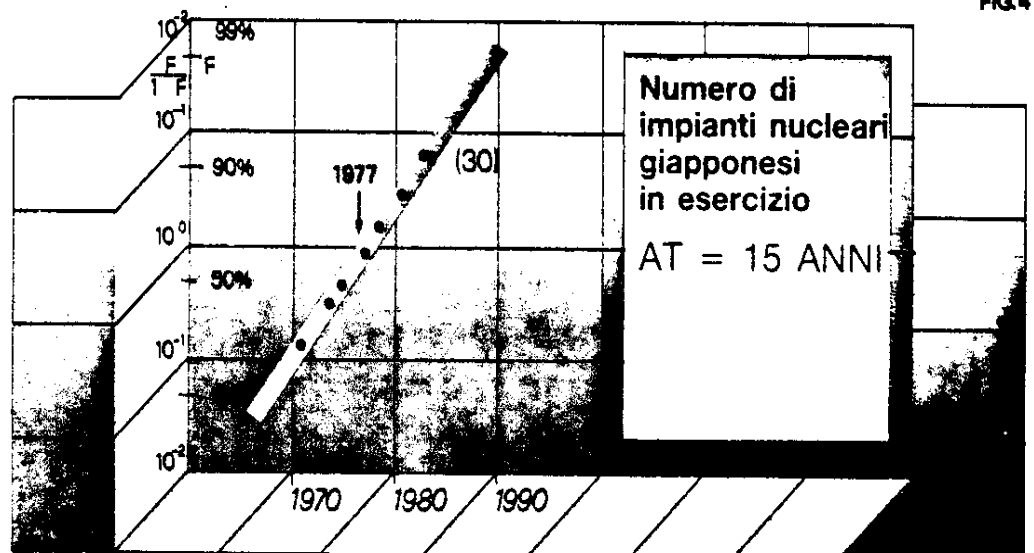


FIG. 5

prendere le aree nazionali, perchè malgrado l'internazionalizzazione dei traffici presentano di solito una notevole autoconsistenza. Analizzerò la penetrazione del nucleare in un certo numero di esse, contando le centrali o la potenza installata e usando in questo caso la tecnica dell'autocompetizione.

La crescita di una popolazione all'interno di una risorsa finita è misurata come è noto da una logistica. La cosa è riconducibile a Volterra perchè i vari individui competono tra di loro per la risorsa. Poichè l'equazione della crescita contiene anche come parametro la dimensione della nicchia, analizzando i dati si può calcolare anche questa dimensione. In termini di economia si può calcolare il livello di saturazione di un mercato guardando alla maniera con cui viene riempito.

Le figure da tre a sei sono solo da guardare. I casi sono pochi per ragioni di spazio e hanno solo uno scopo didattico. Servono a mostrare che la penetra-

zione dell'energia nucleare nelle varie nazioni segue con perfetta regolarità la linea di penetrazione di qualsiasi altra tecnologia. Il numero in parentesi indica la dimensione finale del mercato, espresso come numero di centrali o loro potenza complessiva. Le date in cui la penetrazione ha raggiunto il 50% sono riportate, così come le costanti di tempo ΔT .

Una cosa che può preoccupare è che le curve mostrate e anche quelle non mostrate, saturano ($> 95\%$) prima della fine del secolo.

L'analisi dei sistemi economici occidentali negli ultimi trecento anni, che ho fatta usando tecniche analoghe, mostra una precisa divisione in scatole di circa 55 anni, all'interno delle quali le cose cominciano e finiscono. La parete della scatola in cui viviamo è situata intorno al 1995. Nuove logistiche si proietteranno nella scatola successiva. Il periodo preoccupante sono i prossimi dieci anni, perchè tutto satura, e, con pro-

duktività crescente, crescono purtroppo anche i disoccupati. Solo i nuovi starts ci riporteranno nel boom. Ma solo col tempo.

Le conclusioni di questa veloce ed obiettiva analisi sono, direi, molto costruttive. L'energia nucleare per se, gode di ottima salute anche se l'industria che le sta dietro, ovviamente sovradimensionata e gestita con poco rispetto per le ubbie del sistema, gode meno. Non è però la sola ad esser impantanata per le dette ragioni ed il suo problema potrà essere risolto nel grande sfascio catartico.

L'altro punto costruttivo è la possibilità di usare una tecnica molto semplice, ma di gran pedigree, per costruire un sistema di coordinate, che aiutino a districarsi nei tempi difficili ed a prendere decisioni lungimiranti.