

# DINAMICHE DI CONSUMO DEI COMBUSTIBILI FOSSILI

Ugo Bardi

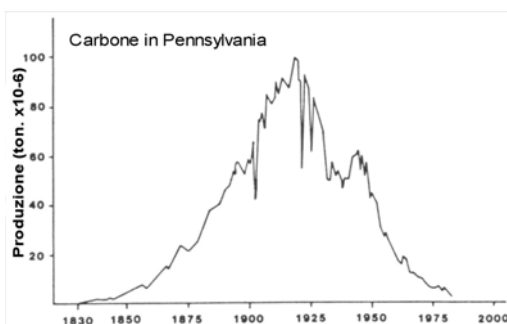
ASPO – Association for the Study of Peak Oil and Gas ([www.peakoil.net](http://www.peakoil.net)) and  
Dipartimento di Chimica, Università di Firenze ([www.aspoitalia.net](http://www.aspoitalia.net))  
Polo Scientifico di Sesto Fiorentino – 50019 Sesto Fiorentino, Fi ([bardi@unifi.it](mailto:bardi@unifi.it))

## SOMMARIO

Questa presentazione descrive in grandi linee il lavoro svolto dai membri dell'associazione internazionale ASPO – e altri – nello studio delle dinamiche di consumo dei combustibili fossili e in generale delle risorse esauribili. L'approccio a questo tipo di studi è multi-disciplinare e utilizza un quadro generale che tiene conto dei fattori geologici, fisici, economici delle dinamiche di estrazione e consumo. Partendo da stime realistiche della disponibilità fisica delle risorse, è possibile proporre modelli che prevedono che la produzione segua una curva a campana che può essere approssimata come una logistica, gaussiana o altre forme. Questo tipo di approccio al problema è stato sviluppato per la prima volta da M.K. Hubbert negli anni 1950 e la curva prende a volte il nome di "curva di Hubbert". Nella curva, si dà particolare importanza al massimo ("picco di Hubbert") che rappresenta il punto in cui ulteriori aumenti di produzione risultano antieconomici. Il picco è stato osservato storicamente per risorse biologiche o geograficamente localizzate. Da quel punto, inizia il declino irreversibile della produzione della risorsa, con importanti conseguenze sui prezzi della risorsa e su tutto il sistema economico nel caso che si tratti di una risorsa vitale e difficilmente sostituibile come il petrolio. Alcuni analisti ritengono che il picco di Hubbert del petrolio sia ancora a una distanza di alcuni decenni nel futuro. Tuttavia, una crescente frazione di esperti ritiene che si verificherà entro il primo decennio del secolo XXI e alcuni che si stia verificando proprio nell'anno corrente

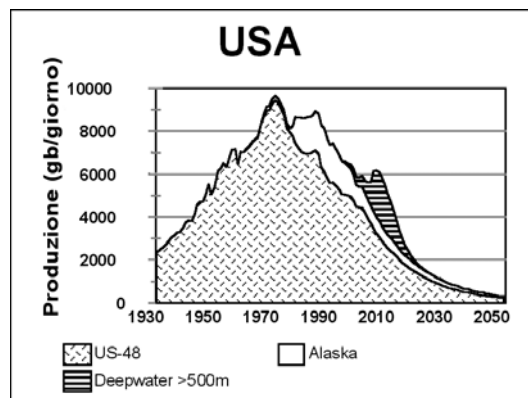
## LA CURVA DI PRODUZIONE

La dinamica di produzione di una risorsa fossile può essere descritta mediante la teoria di Hubbert, che nasce da una descrizione di casi storici ben noti. Più di una volta è stato possibile osservare che la produzione di una risorsa esauribile segue una "curva a campana". Storicamente, forse il primo di questi è stata la produzione di olio di balena negli Stati Uniti nel secolo diciannovesimo. Un altro caso è quello della produzione di carbone in Pennsylvania, come mostrato qui di seguito:



Il caso forse più noto è quello del petrolio negli Stati Uniti, dove la produzione ha mostrato un picco nettissimo del 1970.

Negli anni '60, Hubbert stesso aveva previsto il picco degli Stati Uniti per il 1970. In tempi più recenti, un picco è stato osservato per la produzione di petrolio nell'Unione Sovietica nel 1990 e un altro per la produzione di petrolio del mare del Nord nel 1999.



Non sempre si osservano picchi netti e curve chiaramente "a campana". In generale, si può dire che la curva di Hubbert si osserva quando l'estrazione della risorsa avviene in condizioni di libero mercato. Se questo non è il caso, per esempio per via di interventi governativi, formazione di monopoli, oligopoli o cartelli, oppure guerre e/o disastri naturali, allora la curva di produzione può essere irregolare e mostrare parecchi massimi. Questo sembrerebbe il caso della produzione da parte dei paesi che aderiscono all'organizzazione dei paesi esportatori di petrolio (OPEC).

## I MECCANISMI DINAMICI DI PRODUZIONE

Inizialmente, la curva a campana della produzione era stata proposta da Hubbert come un modello puramente empirico. Più tardi, è stato possibile chiarificare quali erano le ragioni che generano questo comportamento (1,2). Il ciclo di

Hubbert è il risultato logico di come i fattori economici operano quando si trovano ad avere a che fare con una risorsa fisicamente limitata, il che è il caso normale per una risorsa minerale non riciclabile come il petrolio. Data questa caratteristica, la curva a campana di Hubbert è inevitabile in un'economia di mercato. Possiamo distinguere diverse fasi del ciclo di Hubbert:

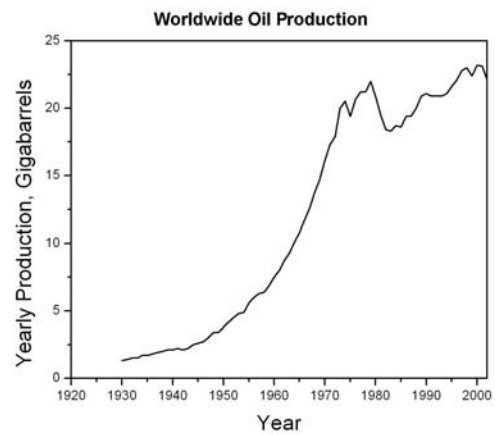
- *La prima fase: espansione rapida.* Inizialmente, la risorsa è abbondante e bastano modesti investimenti per estrarla. In questa fase, la crescita della produzione è esponenziale.
- *La seconda fase: inizio dell'esaurimento.* Le riserve "facili", ovvero quelle meno costose, sono quelle estratte per prime. Con l'esaurimento delle risorse facili, comincia a essere necessario sfruttare risorse più difficili e questo richiede investimenti sempre più consistenti. La produzione continua a crescere, ma non più esponenzialmente come nella prima fase.
- *La terza fase: il picco e il declino.* A un certo punto, il graduale esaurimento rende talmente elevati gli investimenti necessari che non sono più sostenibili. La produzione raggiunge un massimo (il picco di Hubbert) e poi comincia a declinare.
- *La quarta fase: il declino finale.* In questa fase, normalmente non si fanno più investimenti significativi. La produzione continua, ma il declino procede fino a che non diventa talmente ridotta da cessare completamente.

E' possibile simulare queste caratteristiche con vari modelli: empirici, stocastici oppure basati sulla dinamica dei sistemi. In ogni caso si ottengono curve a campana, anche se non necessariamente simmetriche.

### LA PRODUZIONE GLOBALE DI PETROLIO

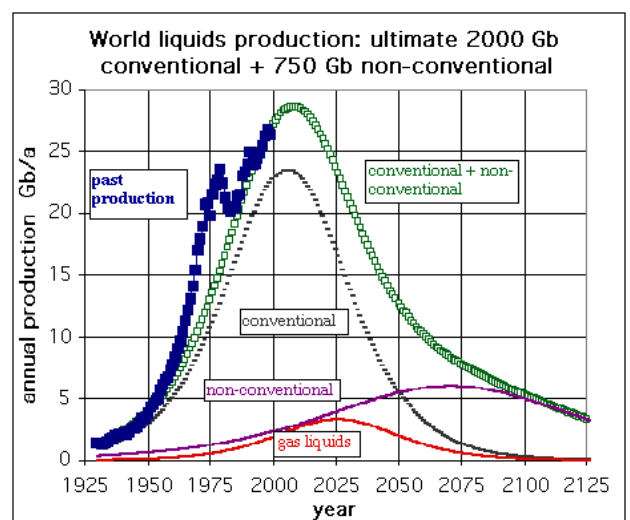
Quando prendiamo in considerazione la produzione di petrolio dobbiamo per prima cosa chiarire esattamente di cosa si parla. Esistono diversi tipi di risorse fossili dalle quali si possono estrarre combustibili liquidi. In primo luogo esiste il petrolio cosiddetto "convenzionale", ovvero quello che si estrae in forma di liquido poco viscoso dai pozzi. In aggiunta, abbiamo il petrolio cosiddetto "non convenzionale" che include diversi tipi come il greggio da "acque profonde" e l'"olio pesante". Un'ulteriore aggiunta è quella dei gas condensabili. Alcuni includono anche il petrolio che si può estrarre dalle sabbie bituminose. Se poi consideriamo qualsiasi tipo di combustibile liquido, dovremmo prendere in considerazione anche la possibilità di ottenerlo dal gas naturale o dal carbone mediante vari tipi di trattamenti.

Ciò detto, prendiamo per ora in considerazione il solo petrolio convenzionale, che comunque per ora rappresenta di gran lunga la frazione più abbondante della produzione. Abbiamo già visto come molte regioni del mondo abbiano già passato il loro picco petrolifero. Questi sono invece i dati della produzione petrolifera globale(3):



Nella curva, possiamo riconoscere una fase iniziale di rapida crescita esponenziale (circa il 7% all'anno) interrotta dalla fase delle "crisi del petrolio" dal 1973 al 1985 circa. Dopo questa fase, la produzione ha ricominciato a crescere a un ritmo molto più lento, circa l'1.5% all'anno. Dal 2000, circa, la produzione non è aumentata o è aumentata debolmente. Questo andamento può essere interpretato come un'approssimazione delle prime fasi della curva a campana di Hubbert.

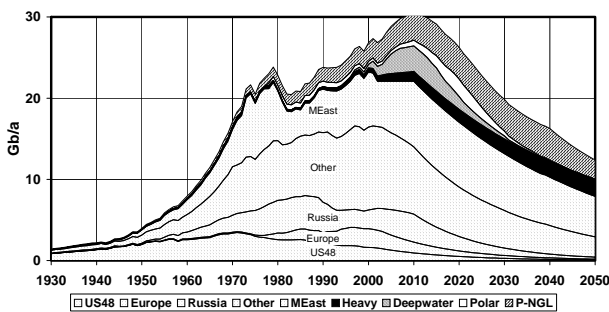
I dati esistenti possono essere estrapolati per determinare la data presunta del picco globale tenendo conto del dato geologico della quantità totale di petrolio geologicamente estraibile. Si tratta di un dato molto incerto ma che comunque è approssimativamente noto. A partire da questi dati è possibile estrapolare la curva nel futuro e ottenere un valore approssimato per il momento per il quale ci aspettiamo il picco. Come esempio, ecco l'interpretazione del geologo francese Jean Laherrere (4).



Vediamo qui che il picco per il petrolio convenzionale è atteso, molto approssimativamente, verso il 2005, mentre quello per il petrolio "non convenzionale" dovrebbe arrivare molto più tardi, verso il 2070. La curva totale, somma delle due risorse, arriva al picco verso il 2010.

Altri esperti sono arrivati a risultati simili. Un altro esempio si trova nella figura seguente, la stima del geologo

**Oil & Natural Gas Liquids  
2003 Base Case Scenario**



britannico Colin Campbell (5) Qui, il picco per il petrolio convenzionale arriva verso il 2005, mentre quello per tutti i liquidi verso il 2010 circa.

Ci sono molte altre interpretazioni basate in vari modi sulla teoria di Hubbert. La maggior parte arriva a stimare la data del picco entro il primo decennio del ventunesimo secolo. Esistono però anche interpretazioni che partono da dati geologici più ottimisti e che arrivano a stimare il picco verso il 2030 o anche più in là.

Tutti quelli che hanno lavorato su questo argomento hanno sostenuto che al picco ci possiamo aspettare un rapido aumento dei prezzi del petrolio come pure una fase di instabilità geopolitica. Entrambe le condizioni sono soddisfatte al momento attuale, per cui più di un autore è del parere che potremmo essere molto vicini al picco o addirittura averlo già passato. Tuttavia, potremo dirlo con certezza solo fra qualche anno.

## LA GRANDE TRANSIZIONE

Cosa ci aspettiamo che succeda esattamente nella “terra incognita” del dopo-picco? Il fatto che il picco sia un evento ben definito ha dato origine a varie interpretazioni, alcune delle quali tendenti a una visione piuttosto apocalittica. C’è chi ha parlato di fine della civiltà e alcuni hanno addirittura ipotizzato il ritorno all’età della pietra (questa è la “teoria Olduvai” di Richard Duncan).

Indubbiamente il petrolio è una cosa importante nell’economia mondiale. Rappresenta oggi quasi il 40% dell’energia primaria generata e circa il 90% dell’energia usata nei trasporti. Senza petrolio avremmo delle grosse difficoltà a mandare avanti il pianeta nel modo in cui siamo abituati a vederlo funzionare.

Tuttavia, il picco di Hubbert non è la fine del mondo; è semplicemente la conseguenza inevitabile della combinazione di fattori geologici, tecnologici ed economici. E’ un fenomeno naturale, osservato già molte volte, che non porta necessariamente a disastri se viene gestito come si deve.

Il picco segnala la necessità di un cambiamento. Ogni volta che un picco si è verificato nel caso di una risorsa economicamente importante, c’è stato un cambiamento di risorsa. Si può avere semplicemente un cambiamento geografico, quando la produzione viene spostata verso un’area dove la risorsa è ancora abbondante. Oppure si può avere un cambiamento tecnologico quando si cambia il tipo di risorsa.

Il primo caso, cambiamento geografico, si è visto per esempio quando nel 1971 il picco del petrolio negli Stati Uniti ha reso necessario spostare il baricentro della produzione mondiale nel Medio Oriente. Il secondo caso, cambiamento tecnologico, si è verificato, per esempio, con il passaggio dal carbone al petrolio.

Questo tipo di cambiamenti sono non solo possibili, ma anche inevitabili. Non è detto, però, che siano indolori. Nel periodo 1973-1985 il declino della produzione degli Stati Uniti ha causato una serie di instabilità geopolitiche, recessione economica, inflazione a due cifre, disoccupazione e altri sconvolgimenti. Tuttavia, una volta che le infrastrutture necessarie furono create nel Medio Oriente, il sistema di produzione e di distribuzione del petrolio ha ricominciato a funzionare.

Oggi, manca la possibilità di risolvere il problema andando a sfruttare altre aree geografiche. Semplicemente, manca un’altra Arabia Saudita. Perciò, dobbiamo prepararci a una transizione tecnologica di qualche tipo. Non ci mancano sorgenti di energia di vario tipo: altri combustibili fossili (principalmente gas naturale e carbone), energia nucleare e fonti rinnovabili. In questo momento, nessuna di queste è in grado di rimpiazzare completamente il petrolio, soprattutto per produrre combustibili liquidi. Alcune, come il carbone, peggiorerebbero la già gravissima situazione climatica. Ma non c’è carenza di energia sulla Terra e la transizione potrebbe rivelarsi una cosa positiva riducendo, fra le altre cose, la quantità di gas serra emessi nell’atmosfera e allontanando il rischio del riscaldamento globale.

1. Bardi, U. 2005. Energy Policy, Volume 33, P. 53-61
2. Reynolds, D.B., 1999. Ecological Economics 31, 155.
3. [www.bp.com](http://www.bp.com)
4. Jean Laherrere, OPEC seminar, Sept.28, 2001 Vienna: <http://www.energycrisis.com/laherrere/>
5. [www.peakoil.net](http://www.peakoil.net)