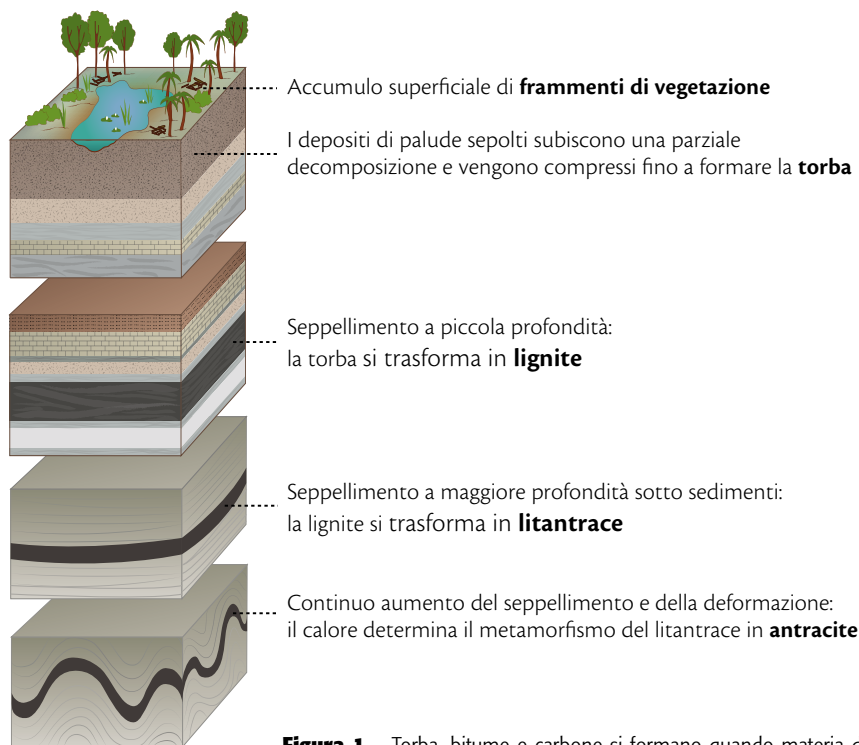


Tra le risorse naturali utilizzate nei processi industriali e per i veicoli a motore, i combustibili fossili, vale a dire carbone, petrolio e gas naturale, sono sicuramente le più sfruttate e quelle più a rischio di esaurimento.

Alcuni ritengono che la disponibilità del carbone, considerando le attuali riserve su tutto il pianeta e l'attuale ritmo di estrazione, possa rimanere costante per poco meno di 300 anni, mentre quella del petrolio, sempre considerando un ritmo di estrazione costante, non dovrebbero superare il 2040, anche se l'affidabilità di queste valutazioni, molto difficile da fare, è frequentemente messa in discussione.

L'esaurimento o comunque la progressiva riduzione di queste risorse è ovviamente dovuto al fatto che la loro formazione è estremamente più lenta del loro utilizzo.

**Come si forma il carbone.** Il carbone è un minerale combustibile composto principalmente da carbonio: la sua origine è vegetale. Infatti, la materia vegetale derivata da piante morte è composta principalmente da carbonio, idrogeno e ossigeno: in una situazione tipica di terreni paludosi, la nuova vegetazione cresce ma muore molto rapidamente, seppellendo gli strati inferiori. La crescente pressione e temperatura ne consente l'alterazione chimica e contemporaneamente, data la progressiva riduzione dell'ossigeno, impedisce la completa ossidazione di questa biomassa, conservando al tempo stesso la maggior parte del carbonio. Con l'andare del tempo la compattazione dei depositi di resti vegetali così trasformati dà luogo a giacimenti di sostanza mineralizzata, prima la torba, poi lignite, litantrace e, infine, l'antracite, che è il carbone più pregiato perché ad alto potere calorico (figura 1).



**Figura 1** – Torba, bitume e carbone si formano quando materia di origine vegetale viene sepolta in terreni paludosi e trasformata lentamente per le pressioni e le temperature crescenti, impedendone la completa ossidazione e conservando la maggior parte del carbonio.

La maggior parte del carbone si è formato nel periodo battezzato per questo motivo Carbonifero, durante l'era Paleozoica, tra 360 e 250 milioni di anni fa.

La **tabella 1** riassume i tipi principali di carbone, tenendo presente che nel linguaggio comune, il termine "carbone" comprende soltanto il litantrace e l'antracite.

Va infine precisato che nelle moderne centrali termoelettriche a carbone la crescente attenzione per i problemi ambientali ha portato al perfezionamento di particolari tecnologie al fine

di ridurre al massimo le emissioni di sostanze inquinanti e di CO<sub>2</sub>. I sistemi oggi comunemente in uso prevedono la combustione di carbone finemente tritato (polverino) e miscelato con aria per essere bruciato in caldaie con diversi livelli di efficienza (convenzionali, supercritiche o ultra-supercritiche). I fumi prodotti dalla combustione sono trattati con tecniche molto sofisticate che consentono di abbattere radicalmente le emissioni, al punto da essere oggi note come tecnologie del "carbone pulito".

**Tabella 1** – I tipi principali di carbone fossile

tipo	Concentrazione di C	Potere calorifico*
torba	< 60%	tra 4000 e 5000 kcal/kg
lignite	tra 60 e 75%	≥ 6000 kcal/kg
litantrace	tra 80 e 90%	tra 8000 e 9000 kcal/kg
antracite	> 90%	> 9000 kcal/kg

\*per un confronto: il petrolio greggio di migliore qualità ha un potere calorifico di circa 10.500 kcal/kg.

**Come si forma il petrolio.** Esistono due teorie per spiegare la formazione del petrolio. Una teoria, detta biogena, prevede, come per il carbone, origini organiche, in quanto derivato dal decadimento di materia organica vegetale e animale progressivamente depositatasi su fondali marini o lacustri o in acque basse costiere.

Nel corso di milioni di anni, i sedimenti più recenti seppelliscono questo materiale organico fino alla profondità di chilometri, e le temperature e pressioni crescenti consentono la trasformazione dei fanghi in argille e scisti bituminosi.

Contemporaneamente la materia organica viene trasformata in petrolio liquido che si disperde nel substrato roccioso (figura 2).

L'attività batterica catalizza il processo: tipicamente prima si formano grandi quantità di metano e successivamente il petrolio quando le

temperature sono comprese tra 60 e 130 °C.

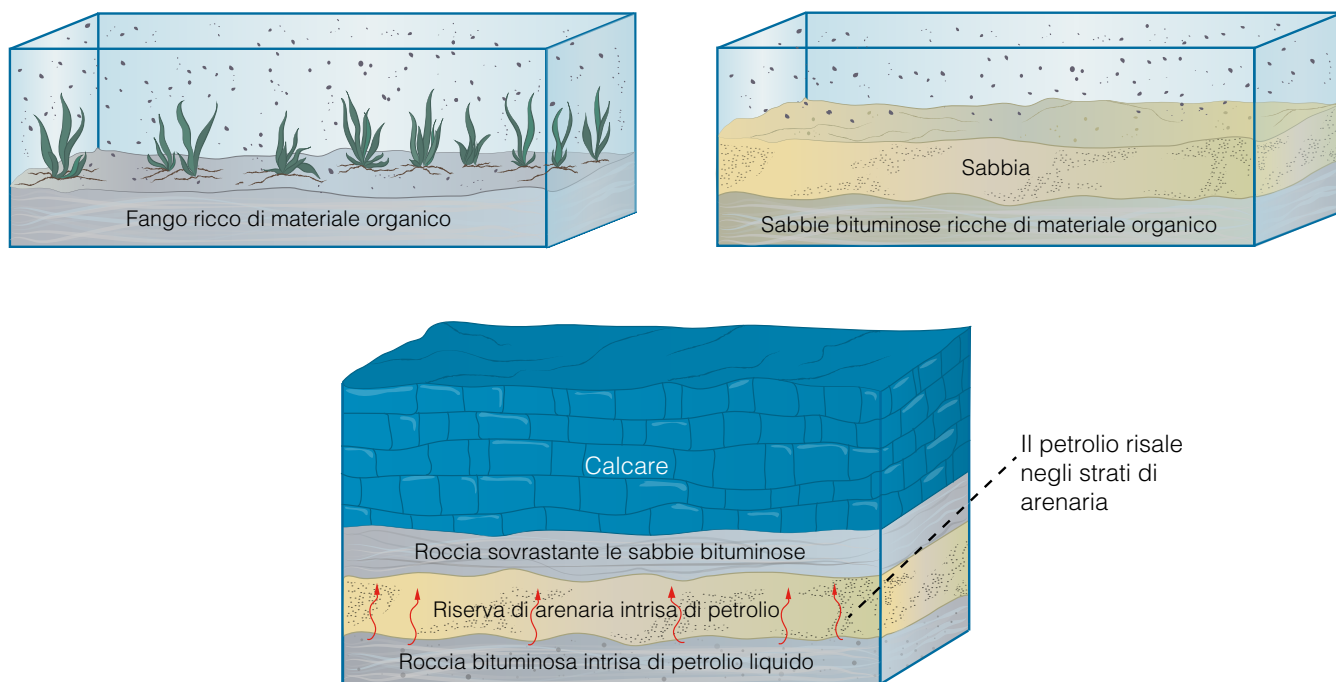
Secondo la teoria biogena il petrolio si sarebbe formato successivamente al carbone, in un'epoca compresa tra i 120 e gli 80 milioni di anni fa, nell'era mesozoica, tra il Giurassico e il Cretaceo.

La teoria abiogena, invece, molto più recente, prevede che già al momento della formazione del nostro pianeta si siano formati a grandi profondità depositi di carbonio che, sottoposti a pressione e temperature molto elevate, avrebbero consentito la polimerizzazione del metano con formazione di lunghe catene di idrocarburi.

**Il gas naturale.** Formato per la massima parte da metano, il gas naturale si forma per riscaldamento oltre i 100 °C del petrolio grezzo. Di conseguenza, molti giacimenti petroliferi contengo-

no una quota di gas naturale che galleggia sopra il petrolio liquido. Al ritmo attuale di consumo, le riserve di gas naturale si esauriranno entro al massimo 200 anni.

**Altre fonti di petrolio.** Di fronte al lento ma progressivo esaurimento del petrolio estratto con i metodi convenzionali, i geologi delle compagnie petrolifere hanno cercato di individuare altre fonti da cui estrarre petrolio in modo economicamente sostenibile: queste fonti non convenzionali sono le sabbie bituminose, di cui sono ricchi lo stato di Alberta in Canada, lo stato americano dello Utah e il Venezuela; le argille petrolifere, da cui si estrae il kerogene, una sostanza da cui si ricava petrolio per successivo riscaldamento. Grandi quantità di questo tipo di rocce si trovano negli Stati Uniti, in Australia, in Estonia, Russia, Brasile e Mongolia.



**Figura 2** – La formazione del petrolio come conseguenza della lenta trasformazione di materiale organico di origine animale e vegetale sottoposto a pressioni e temperature sempre maggiori in ambienti marini.