

Il futuro del sottosuolo: le sue risorse energetiche ed i suoi rischi

David Iacopini

*Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e delle
Risorse, Università di Napoli Federico II*

Abstract

Il sottosuolo terrestre rappresenta da circa due secoli il luogo da cui si estraggono le risorse minerarie alla base di gran parte delle fonti energetiche in uso nella nostra società moderna. Il loro utilizzo ha permesso a gran parte degli stati occidentali di svilupparsi, crescere ed evolversi tecnologicamente con una rapidità senza precedenti: grazie allo sfruttamento di energie fossili e minerarie dal 1850 ad oggi l'energia prodotta è decuplicata da poche migliaia di TeraWatt/ora (TWh) a centinaia di migliaia di TWh e nell'ultimo secolo, in coppia con la finanza moderna, ha permesso una crescita della popolazione di tipo esponenziale senza precedenti, con un tasso pari al miliardo di popolazione ogni 25 anni. Tuttavia, l'utilizzo intensivo di tali energie ha innescato un rapido processo di riscaldamento superficiale terrestre globale che sta modificando irreversibilmente la composizione chimica del nostro sistema atmosferico con un impatto sempre maggiore sulla società umana e di difficile previsione. Questa nuova condizione sta ponendo importanti questioni che riguardano lo sfruttamento delle risorse minerarie e sul loro ruolo in una transizione energetica che mira a sviluppare una produzione ed un consumo più sostenibile e meno inquinante delle sue risorse energetiche. Mostriamo perciò il potenziale ruolo che la conoscenza e l'esplorazione del sottosuolo, grazie alle avanzate tecnologie di esplorazione, potrà giocare durante la transizione energetica e quale sarà il suo nuovo ruolo nel sostenere lo sviluppo di energie rinnovabili ed alternative.

Introduzione: il sottosuolo cosa ne sappiamo?

Il sottosuolo definito come il complesso degli strati del terreno che si trovano sotto la superficie terrestre, rappresenta un'area immensa, attiva e dinamica (e.g terremoti e vulcani) che da sempre ha rappresentato una sorgente energetica importante ma anche fonte di rischio per le civiltà umane. Attraverso il sottosuolo (poche centinaia di metri) superficiale come luogo di risorse idriche per l'agricoltura e per lo sviluppo dei primi agglomerati urbani, sino alle strutture più profonde (km), intese come

luogo di risorse minerarie (carbone, metalli, terre rare) e di idrocarburi, le geotecnologie hanno rappresentato un importante strumento e mezzo tecnologico per molte delle società del mondo occidentale (dalla rivoluzione industriale sino alle società contemporanee). In questo contesto sebbene la parola sottosuolo rappresenti in senso lato tutto ciò che giace sotto il suolo sino al suo nucleo terrestre (per uno spessore totale di oltre sei mila km), dal punto di vista operativo in un contesto energetico, quando parleremo di sottosuolo ci riferiremo a quella porzione dello strato più esterno della crosta terrestre esplorabile con mezzi geofisici e raggiungibile attraverso miniere e profonde trivellazioni.

Sempre dal punto di vista operativo sono ancora troppo poche le informazioni dirette disponibili che riguardano il sottosuolo: i pozzi più profondi hanno raggiunto profondità di circa poco più di 12 km sotto il suolo. Il pozzo Kola (Russia) rappresenta il pozzo più profondo a terra-12.262 m. Al Shaheen Oil field nel Qatar e il pozzo di Exxon presso Sakhalin in Russia invece hanno al momento raggiunto le lunghezze massime di perforazione rispettivamente di 12.289 m e 12.376 m (Fig 1).

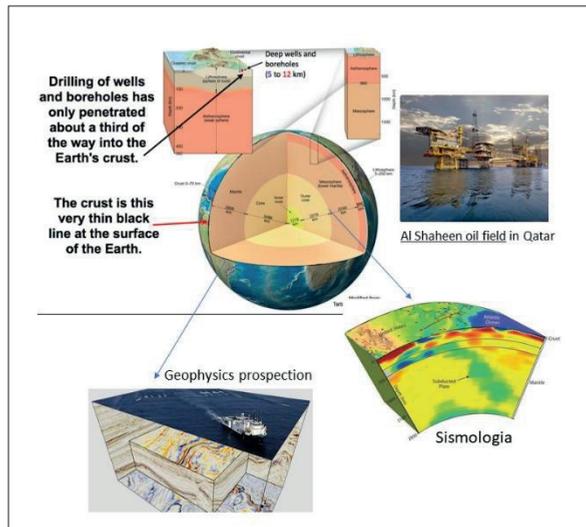


Figura 1. Struttura del sottosuolo terrestre e tecniche di esplorazione ed imaging

In pratica come mostrato in Figura 1, queste profondità corrispondono ad aver grattato la sola ‘pellicola superficiale’ della Terra (12 km a fronte dei 6000 km del raggio terrestre). Tuttavia la comprensione di parte delle strutture più profonde ci è stata permessa attraverso l’utilizzo di tecniche di cartografia geologica su catene montuose come gli Appennini, Alpi, Himalaya, Ande o attraverso catene più antiche e totalmente erose a formare cratoni di cui i continenti più antichi quali Africa,

Australia o Siberia per esempio, ne sono ricchi. Il motivo sta nel fatto che tali catene rappresentano porzioni fossili di crosta superiore ed inferiore (equivalenti a rocce oggi presenti alle nostre profondità di 60-100 km) esumata attraverso potenti meccanismi di collisione tettonica e smantellate da lenti processi di erosione.

I metodi di indagine geologica di tali catene, perciò, ci consentono di analizzare porzioni che corrispondono a quello che oggi accade a circa 60-120 km di profondità. Anche le lave vulcaniche possono darci ulteriori informazioni preziose: spesso attraverso il loro condotto vulcanico strappano frammenti di rocce di crosta profonda, chiamati xenoliti, i quali rappresentano importanti informazioni dal sottosuolo profondo (20-120 km). Se vogliamo invece esplorare, fotografare e caratterizzare cosa succede oggi al di sotto della crosta superiore, gli unici mezzi di indagine sono rappresentati da tecniche di indagine geofisica che rappresentano però mezzi di indagine indiretta. Indiretta, perché non ci permettono di toccare o campionare frammenti di roccia; ci permettono invece di ricostruire immagini e rappresentazioni visive prodotte da interazioni di onde fisiche in grado di tracciare e memorizzare proprietà fisiche: analisi termiche (attraverso l'uso di sensori termici in pozzi e pozzetti), utilizzo di proprietà di anomalie gravimetriche (densità delle rocce), utilizzo di onde elettromagnetiche elastiche ma anche di geo-neutrini (particelle prodotte per decadimento da minerali del nucleo e mantello terrestre). Tuttavia, il mezzo più potente che ci permette di mappare il sottosuolo con una precisione ancora insuperata (risoluzione da pochi metri a pochi km a seconda delle frequenze e profondità di indagine) è rappresentato dalle onde sismiche. Un po' come stessimo producendo ecografie del sottosuolo, si utilizzano le onde sismiche prodotte da potenti esplosioni (*geophysical prospection*) o terremoti (in questo caso si parla di sismologia) che penetrano nel sottosuolo e tornano indietro per riflessione o diffrazione indietro ricche di informazioni geofisiche. Tramite l'utilizzo di metodi di analisi di tali segnali e grazie a tecniche di ricostruzione di immagini, si ricostruiscono le caratteristiche fisiche e geometriche del sottosuolo (Fig 1). Tutte queste metodologie descritte ci hanno permesso e ci permettono di costruire il modello rappresentato in Figura 1 che raffigura la struttura della Terra ben nota, e diffusa in tutti i libri di geologia e geografia fisica, ed essenzialmente composta da:

- crosta terrestre superiore ed inferiore (1-100 km) a composizione media granitica,
- mantello con la sua componente astenosferica (strato fluido-viscoso, situato al di sotto della crosta terrestre) di spessore di oltre 600 km ed a composizione ultrabasica (silicati di ferro e magnesio),
- mantello inferiore (spessore di circa 2000 km) definito da minerali ultrabasici ad alta pressione,

- nucleo esterno (spessore di circa 2200 km) di minerali di ferro e solfuro di ferro e nucleo interno (1200 km) essenzialmente modellizzato da minerali di lega ferro-nichel.

Di tutte queste strutture profonde noi ci interesseremo essenzialmente della parte che maggiormente ha influito ed interagito con la nostra civiltà, per necessità economica ed energetica e cioè della parte superiore della crosta terrestre. Infatti, la totalità delle esplorazioni geofisiche più avanzate e le loro relative rappresentazioni tridimensionali del sottosuolo a scopo estrattivo si sono concentrate nei primi 50 km della crosta terrestre.

Perciò fatto un rapido quadro generale su cosa veramente sappiamo della crosta terrestre, come l'esploriamo, è tempo di cambiare prospettiva e di concentrarci invece sull'impatto economico che il sottosuolo e le sue risorse hanno avuto nella nostra società nei recenti due secoli e sul ruolo che le tecnologie del sottosuolo potranno ancora avere in un futuro sempre più incentrato nelle energie definite rinnovabili perché direttamente dipendenti dall'irraggiamento solare (solare, eolico ma anche indirettamente biomasse)

Sottosuolo, energia e popolazione

Un aspetto che spesso sfugge a chi studia la storia economica delle nostre civiltà riguarda il ruolo ed effettivo uso delle fonti energetiche in gran parte degli imperi ma anche durante lo sviluppo degli agglomerati urbani negli ultimi 10.000 anni. Si tratta di aspetti importanti che ci danno una chiave di lettura per decifrare quelli che sono stati i meccanismi economici e scelte geopolitiche della recente storia moderna ma ci permettono anche di interpretare il motivo per cui alcune società si sono evolute rapidamente. Non c'è dubbio infatti che la tecnologia e l'accesso o controllo di risorse energetiche abbiano contribuito al predominio militare e commerciale di alcuni imperi o nazioni anziché altre. In questo breve contributo non avremo spazio per dilungarci ed affrontare in dettaglio i vari aspetti di cui sopra, ma cercheremo di analizzare che impatto ha avuto l'energia derivante dal sottosuolo nel recente sviluppo della società occidentale specialmente negli ultimi due secoli.

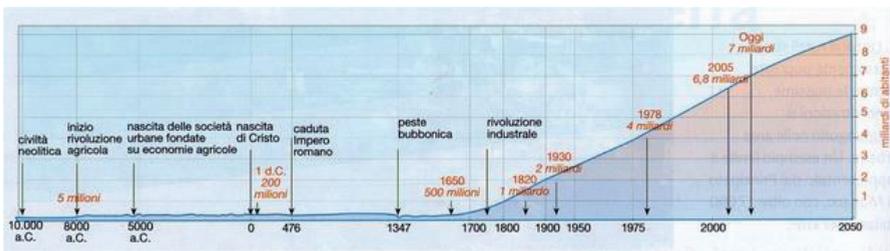


Figura 2. Stima dell'evoluzione della popolazione globale dal 10000 aC sino al 2050.

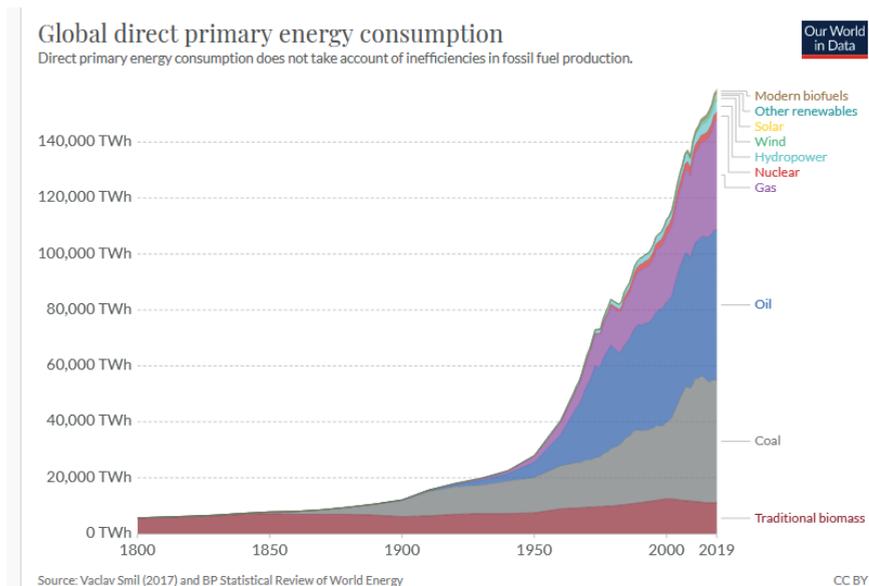


Figura 3. Distribuzione del consumo energetico primario (senza tenere conto delle eventuali inefficienze produttive delle risorse fossili) dal 1800 al 2019. $1 \text{ Wattora} = \text{Wh} = 3.6 \text{ Kjoule}$, intesa come un'unità di misura derivata dell'energia, definita come l'energia complessiva fornita qualora una potenza di un watt (W) sia mantenuta per un'ora (h). $\text{TWh} = 10^{12}$ wattora nel tempo. (Dati tratti da BP statistical Review of World Energy 2017).

Che impatto ha avuto l'energia dal sottosuolo nel recente sviluppo della società occidentale? La prima curva presente in Figura 2 mostra in maniera eloquente l'evoluzione della popolazione umana negli ultimi 12.000 anni. La curva indica chiaramente come a partire dalla rivoluzione agricola si sia passati da pochi milioni di abitanti a centinaia di milioni di abitanti durante l'impero romano (in circa 8000 anni) per crescere in maniera costante ma lenta sino alla metà del 1700 (arrivando a 500 milioni di abitanti) e successivamente subire una rapida impennata a metà 800, in piena rivoluzione industriale, arrivando in poco meno di due secoli a 7 miliardi di abitanti. Difatti, in termini di crescita demografica, globalmente, poco sembra essere successo per quasi 11.000 anni, per poi esplodere in piena rivoluzione industriale (e finanziaria) sino ad insistere ancora più rapidamente durante la rivoluzione tecnologica digitale moderna. Se confrontiamo tale figura con la Figura 3 che rappresenta il variare del consumo totale energetico in termini di TWh ($\text{TWh} = 10^{12}$ wattora) a partire da metà Ottocento, notiamo tre aspetti importanti:

- gran parte dell'energia utilizzata sino ai primi del 1800 era basata su quello che chiameremmo la tradizionale biomassa: essenzialmente forza bruta umana, animale e calore da legna
- a partire da metà 800, l'utilizzo del carbone come risorsa energetica primaria ha incrementato la produzione energetica sino a più che raddoppiarla ed ha coinciso

- con la prima rivoluzione industriale e la prima vera crescita di popolazione, oltre il miliardo in poco più di 50 anni. Il carbon fossile costituisce ancora oggi intorno al 30% della totale fonte primaria (la terza maggiore dopo petrolio e gas);
- a partire dalla metà del 900 gli idrocarburi diventano invece le maggiori risorse di energia primaria in assoluto. Le energie rinnovabili (solare, eolico, idroelettrico e nucleare) compaiono già a metà Novecento ma cominciano a diffondersi globalmente solo nella fine del XX secolo.

La Figura 4 mostra un ulteriore spaccato dei dati precedenti: a partire dal 1970 gran parte della energia primaria viene consumata per costruzioni, attività industriali e trasporti che crescono ovviamente (Fig. 1) proporzionalmente con l'aumento della popolazione (anni '70 4 miliardi, nel 2010 poco più di 7 miliardi...quasi raddoppiata in 40 anni!). Popolazione e globalizzazione crescono enormemente grazie al facile accesso a fonti energetiche primarie fossili.

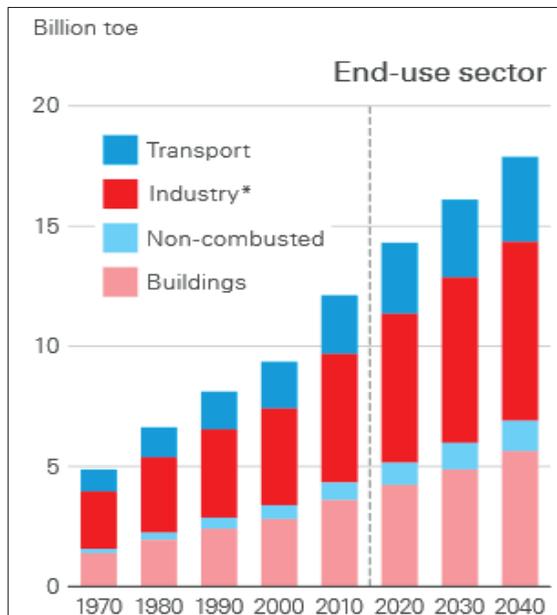


Figura 4. Utilizzo energetico per settori globali (source BP statistical review of World Energy, 2019)

Quadro storico sulle risorse energetiche

Se osserviamo ancora la Figura 3 osserviamo come la quasi totalità delle risorse energetiche che hanno contribuito a sviluppare sia la rivoluzione industriale che le successive rivoluzioni tecnologiche che ci hanno guidato nell'era digitale sono derivate dal sottosuolo e sostanzialmente si riducono a carbone ed idrocarburi.

Difatti il recente secolo veloce e digitale ha usufruito molto della grande abbondanza di tali risorse la cui efficienza nell'esploarle, estrarle e produrle ha contribuito alla veloce crescita sia in termini di popolazione che di consumo energetico, nel bene e nel male: aumento dei mezzi di trasporto, diffusione della corrente elettrica, tecnologia digitale a più di due miliardi di persone negli ultimi 30-40 anni. In Figura 5 si osserva come invece sino prima della rivoluzione industriale la totalità dell'energia dipendesse dal lavoro e dalla fatica umana ed animale e dal consumo di legna per il riscaldamento. Il carbone, nei decenni della prima e seconda rivoluzione industriale, ha piano piano moltiplicato la disponibilità energetica in Gran Bretagna (avendo gran disponibilità minerarie, cosa che il nostro paese non aveva) e sostituito l'uso delle biomasse (come la legna), fermo restando che la forza uomo non è affatto diminuita.

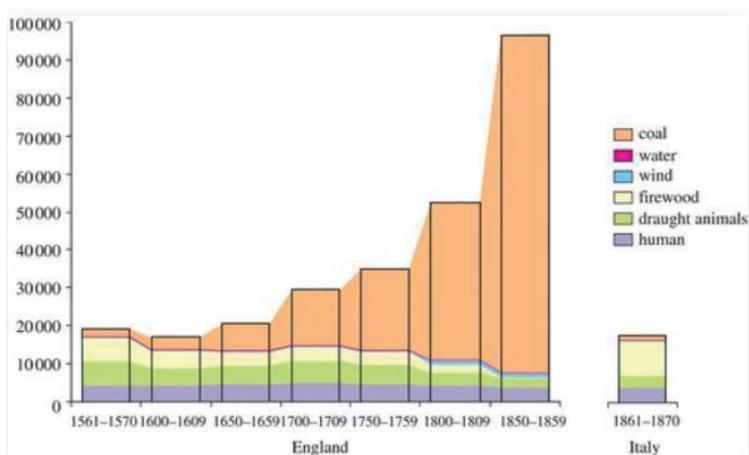


Figura 5. Distribuzione delle risorse energetiche a partire dal rinascimento sino alla rivoluzione industriale. (Dati tratti da *Energy and the English industrial Revolution*. Wrigley, 2013. *Phil Trans of the Royal Society A*)

In sintesi, si può sostenere che il recente sviluppo della società moderna sia pertanto derivato dall'accesso alle seguenti risorse fossili:

- carbon fossile
- idrocarburi

Diamoci un'occhiata veloce:

- Il carbone è il risultato della trasformazione di resti vegetali che sono stati compressi, alterati chimicamente e trasformati da calore e pressione nel corso dei tempi geologici, fra 80 e 400 Ma (megaannum è uguale a un milione (10^6) anni), perdendo ossigeno. Durante la prima rivoluzione industriale è stato il fondamento energetico che ha innescato il passaggio dalla manifattura ad

un'economia basata su macchine. La legna, che ha rappresentato per tutto il medioevo e rinascimento l'unico combustibile utilizzato per fondere minerali di ferro e riscaldare, verrà totalmente sostituita a livello industriale dal carbone. Il carbone durante la rivoluzione industriale darà origine a mezzi di trasporto emergenti, quali le locomotive e le navi a vapore, e ad al riscaldamento degli edifici. Il carbone convertito in gas (coke) verrà poi distribuito per mezzo di tubature per essere bruciato a scopo di illuminazione, riscaldamento e cucina.

- Gli idrocarburi sono invece composti organici che contengono catene più o meno complesse di atomi di carbonio e di idrogeno. Gli idrocarburi danno origine a petrolio inteso come miscela liquida di vari idrocarburi, in prevalenza alcani, acqua e varie impurità e metano, i quali rappresenteranno la fonte principale per tutto il trasporto, riscaldamento (ad affiancare e sostituire il carbon fossile) e parte dei materiali plastici ad uso industriale. La ragione del loro veloce sopravvento e sostituzione in parte del carbon fossile sta nel loro potere calorifico: il petrolio greggio ha un potere calorifico di 10.000 kcal/kg; il Gas propano Liquido di circa 11.000 kcal/kg che entrambi sono molto maggiore rispetto all' Antracite la quale rappresenta la componente più pura e vecchia e dunque energetica del carbone (8.000 kcal/kg). Inoltre, rispetto al carbone il trasporto degli idrocarburi risulta molto più semplice e meno costoso (attraverso navi, gasdotti e oleodotti).

Come mostrato nella Figura 6, al momento la disponibilità comprovata e mappata di queste due risorse energetiche risulta ancora enorme e in grado di sostenere la produzione energetica mondiale ad alti ritmi per circa altri 50 anni. Tuttavia, a dispetto di tale relativa abbondanza, tali risorse energetiche hanno purtroppo innescato un problema di ordine e importanza e impatto maggiore nel sistema terrestre ed atmosferico: il cambiamento climatico. Questo richiede ora e nel futuro molto prossimo una radicale revisione dei futuri piani di approvvigionamento energetico. Non possiamo più continuare ad utilizzare in maniera perenne le risorse fossili disponibili nel sottosuolo nonostante la loro abbondanza (Fig 7)

Risorse energetiche fossili e il problema delle emissioni antropiche di CO₂

Come mostrato nella Figura 8 a partire da circa metà dell'800 la quantità di emissioni di anidride carbonica ha cominciato a crescere esponenzialmente. I vari spike mostrano le misurazioni mensili di emissioni di CO₂ (di origini diverse), ma la curva interpolata di maggiore interesse, in arancione, invece mostra il riscaldamento indotto da attività umane. A partire della metà del 900 gli effetti antropogenici hanno radicalmente modificato l'andamento sia delle emissioni di CO₂ che del riscaldamento atmosferico globale, aprendo un nuovo fronte di preoccupazioni. Il

diagramma in Figura 9 mostra come la totalità di queste emissioni, in termini di Giga tonnellate, è risultata prodotta proporzionalmente dal carbone (attualmente in diminuzione), petrolio e gas metano che ora sono le sorgenti principali delle emissioni totali. Perciò i motori principali del recente e rapido aumento di CO₂ sono indubbiamente da associare ai combustibili fossili.

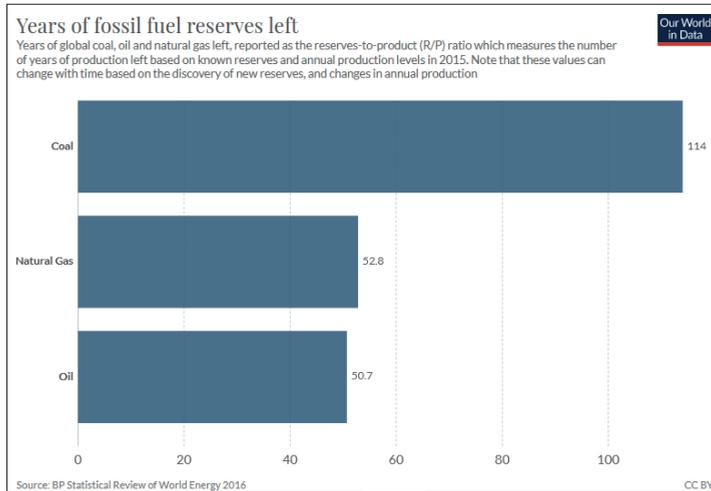


Figura 7. Disponibilità di riserve energetiche fossili attualmente disponibili. Dati ottenuti da BP statistical review of world Energy 2016

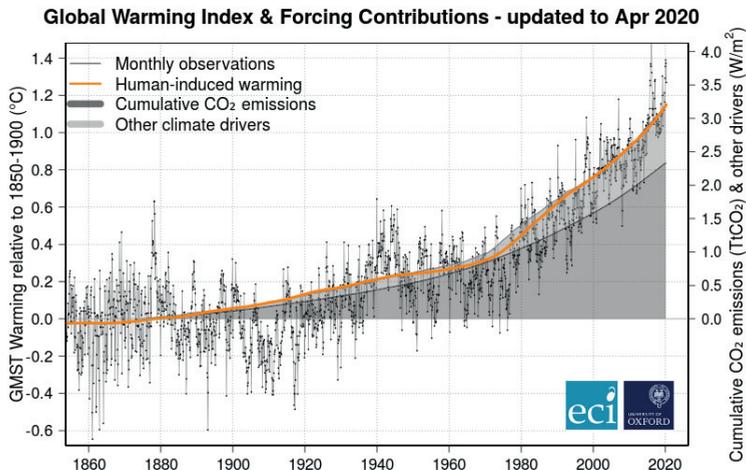


Figura 8. Andamento delle emissioni di CO₂ cumulative e andamento del global warming rispetto al 1850-1900 (riferito come 0.0). Dati Global Warming Index. Oxford.

Come mostrato dalle cifre proposte in Figura 10, in termini di *societal challenge* il problema che rimane da affrontare è perciò piuttosto ovvio: la nostra società è al

momento ancora destinata a crescere in termini sia di popolazione (le stime più conservative parlano di 10 miliardi di abitanti nel 2070) sia di scambi commerciali (a meno di ulteriori cataclismi sanitari naturali da non escludere...per esempio la diffusione del covid ha ridotto dell'8% la produzione energetica mondiale, dati *DNV Outlook 2020*) per effetto sia della globalizzazione commerciale che dell'azione circolo di informazioni.

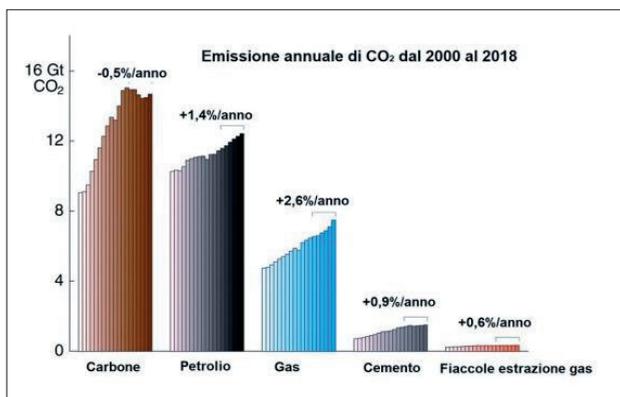


Figura 9. Emissione annuale di CO₂ dal 2000 al 2018 per diverse fonti energetiche. (*Global Carbon Project / L.Bignami*)

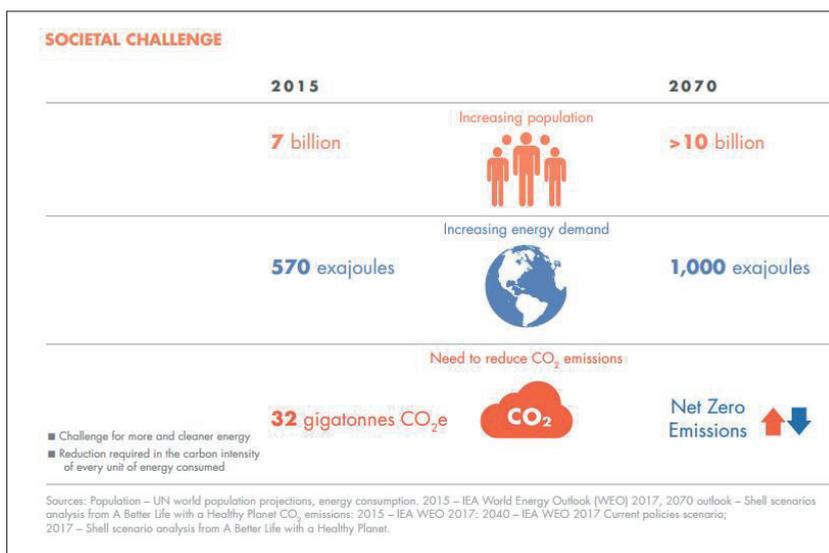


Figura 10. Stime e proiezioni di crescita di energia, popolazione ed emissioni di CO₂ (dati *IEA World Energy Outlook 2017*)

Perciò le diverse società tenderanno a convergere verso una diffusione tecnologica alla ricerca di stabilità energetica, che porterà inesorabilmente ad un aumento della richiesta di energia. Se le previsioni proposte sono corrette. se si vuole abbattere le

emissioni di origine antropogenica di CO₂ ed arrivare a zero emissioni nel 2070, se si vuole permettere a buona parte della società di continuare a crescere e svilupparsi economicamente anche tenendo conto di un raffinamento tecnologico nel versante dell'efficienza energetica (altro capitolo fondamentale, ma non abbia abbiamo qui spazio e tempo per affrontarlo) abbiamo un grosso problema: i due target a medio lungo termine (crescere tecnologicamente abbattendo le emissioni) non sono facilmente attuabili e necessariamente compatibili. È da tenere conto che nel frattempo sino al 2070 continueremo a emettere CO₂ e dunque per i prossimi 50 anni l'atmosfera continuerà a saturarsi in anidride carbonica. In questo contesto le società devono ri-orientarsi in termini di sviluppo di nuove risorse energetiche, chiamate alternative alle energie fossili, e questo però richiederà notevoli sforzi a livello di ricerca scientifica e tecnologica e non potrà avvenire in maniera brusca e tantomeno a costo zero. Per questo si parla oramai di **transizione energetica** come di una fase in cui le tecnologie alla base della distribuzione energetica adattate alle risorse fossili devono essere sostituite da tecnologie che sviluppino energie alternative. E questo ci porterà ad affrontare un altro aspetto e dunque ritornare alle analisi delle potenzialità future del sottosuolo e del suo nuovo ruolo e in questa fase di transizione.

Futuro del sottosuolo nella transizione energetica

Ci è dunque chiaro che il futuro del sottosuolo deve essere tecnologicamente ri-orientato in una direzione che è nota come la transizione energetica: a supporto di uno sviluppo di energie sostenibili, verso minori emissioni di CO₂ ma al tempo stesso permettere finanziariamente la transizione che richiederà energia a supporto degli investimenti ancora in corso. Al momento sono quattro i principali scenari e investimenti tecnologici in corso e che vedono un promettente sviluppo:

- Gas Naturale liquido a sostituire il carbon fossile. Ha il vantaggio di essere facile da trasportare, presente nel sottosuolo in quantità tali da sostenere una transizione di 20-30 anni. Purtroppo, emette CO₂ che sebbene in quantità inferiori al carbone e' sempre troppo invasivo.
- Il sottosuolo è ancora il luogo della maggiore risorsa necessaria per sviluppare le energie alternative: metalli quali litio e vanadio che si renderanno necessarie per creare batterie fondamentali per stoccare energia rinnovabile e ridistribuirla nel sistema (oltre che come vettore energetico per il trasporto).
- La Geotermia rappresenta un'opzione tecnologicamente matura in aree in cui il sottosuolo è dotato di gradienti geotermici importanti. Costituisce oggi meno dell'1% della produzione mondiale di energia ma ha potenzialità enormi se

- sostenuta finanziariamente (ENEL è fra l'altro la maggiore azienda produttrice al mondo).
- Il sottosuolo come area di stoccaggio per CO₂ (Fig 11) e di idrogeno (Fig 12). Come già descritto in Figura 10, oltre agli investimenti necessari per sviluppare energie alternative sarà necessario ridurre la CO₂ giacente e continuamente immessa in atmosfera. Una strategia è data dal suo stoccaggio anche nel sottosuolo,
 - L'idrogeno rappresenta invece uno dei più interessanti e potenzialmente efficienti vettori energetici: ha un potere calorifico enorme ma se utilizzato massicciamente (come energia per i trasporti pesanti), richiederà serbatoi o aree di stoccaggio in grado di contenere il gas a pressioni sino a 250 bar. L'idrogeno è però un materiale molto corrosivo.

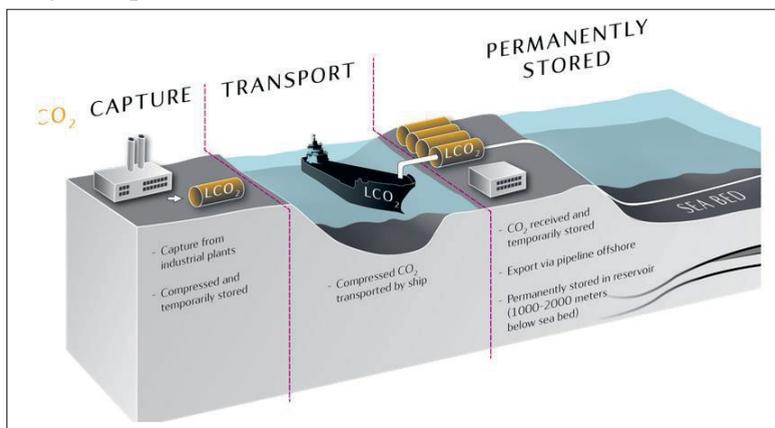


Figura 11. Classico schema di cattura trasporto e stoccaggio di CO₂ (Equinor)

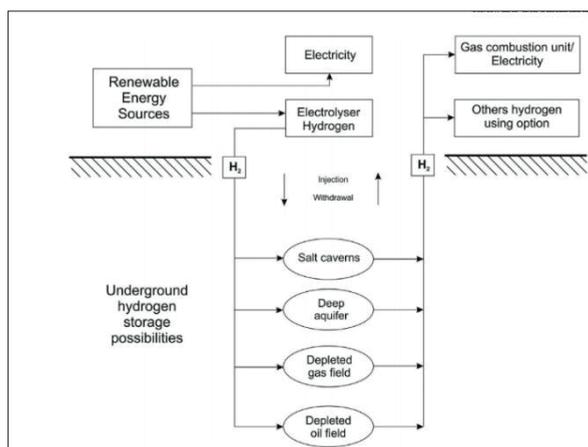


Figura 12. Classico schema di utilizzo di idrogeno.

Conclusioni

A partire dalla rivoluzione industriale il sottosuolo e le sue risorse energetiche fossili hanno avuto certamente un ruolo straordinario e fondamentale nel sostenere la crescita economica e lo sviluppo tecnologico della società moderna e tuttora rappresentano la principale risorsa energetica (80-90 % del totale). Gran parte di tali risorse fossili hanno tuttavia prodotto emissioni importanti di CO₂ che cumulate negli ultimi 50 anni nella nostra atmosfera ne hanno modificato la composizione e innescato importanti cambiamenti climatici di difficili previsioni e controllo. In tale scenario, oltre a rendersi necessario lo svilupparsi di tecnologie in grado di abbattere le emissioni di CO₂, le geotecnologie preposte all'esplorazione del sottosuolo devono trovare una loro strada nel contesto delle energie rinnovabili (solare, eolico) o alternative (elettricità, idrogeno, biomasse). Al momento le tecnologie in atto ed in fase di sperimentazione a livello globale riguardano sia il sostituire gran parte del carbon fossile attraverso una transizione a gas e geotermia, sia il preparare e monitorare aree di stoccaggio nel sottosuolo in cui anidride carbonica e potenziali vettori energetici quali l'idrogeno dovranno essere iniettati. Lo sforzo richiederà enormi investimenti tecnologici e finanziari e aprirà notevoli opportunità di innovazione e lavoro nelle geoscienze verso un futuro *low carbon*.

Il Piano Lauree Scientifiche è oggi il principale strumento di orientamento universitario operante in Italia per le discipline scientifiche ed è comunemente riconosciuto con un esempio di *best practice*, al punto da divenire un modello per programmi simili in altri ambiti disciplinari.

Dal 2005, anno della sua istituzione, i vari dipartimenti dell'Università degli Studi di Napoli Federico II di riferimento per le aree disciplinari si sono progressivamente aggregati al progetto, accogliendo ogni anno migliaia di studenti delle scuole superiori di Napoli e provincia.

Le attività di orientamento per gli studenti ruotano attorno ai Laboratori PLS e alla Scuola Estiva per Studenti, in cui gli studenti si confrontano con tematiche e metodologie proprie delle discipline.

In questo volume sono raccolte le sintesi delle lezioni e gli esercizi presentati agli incontri della Scuola Estiva per Studenti del 2020.

