

Domenico de Vincenzo\*

## *La transizione energetica nell'attuale contesto globale*

*Parole chiave:* transizione energetica, rinnovabili, combustibili fossili.

La transizione energetica è un processo di trasformazione del mix di fonti primarie di energia, ma è anche un processo di cambiamento che implica una profonda trasformazione, che porti a una modificazione degli stili di vita e a una trasformazione dei processi economici, affinché si arrivi anche alla riduzione della domanda di energia. Messo da parte (almeno per il momento) il problema dell'esaurimento dei combustibili fossili, che per decenni ha occupato il dibattito sull'energia, vista la rinnovata vitalità nella produzione di petrolio, la transizione energetica è ora esclusivamente dedicata alla riduzione delle emissioni di gas serra e alla mitigazione delle cause del cambiamento climatico. Il processo di sostituzione dei combustibili fossili con energia pulita e rinnovabile, però, non può non tener conto degli aspetti economici (prezzo, domanda e offerta) e tecnici (capacità e costanza produttiva) che condizionano l'utilizzo delle diverse fonti di energia. Gli scenari della transizione, dunque, dovrebbero tenere conto degli aspetti economici, ma spesso sono completamente avulsi da essi. Il contesto economico globale pone una sfida alla transizione energetica perlomeno sotto due aspetti: 1) la riduzione del prezzo del petrolio e 2) l'abbondante offerta di petrolio. Il prezzo del petrolio, in calo dal 2014 (anche se in ripresa nel 2021) è stato profondamente colpito dal crollo della domanda di energia causata dalla pandemia Covid-19. Questo crollo del prezzo può rendere problematica la transizione energetica, in quanto le fonti rinnovabili potrebbero diventare meno convenienti dei combustibili fossili. La pandemia, peraltro, ha reso improvvisamente obsoleti tutti gli scenari elaborati in precedenza producendo incertezza sugli sviluppi futuri della transizione energetica. L'abbondante offerta di petrolio (causa essa stessa della crisi del suo prezzo), a sua volta, accresce tale incertezza. Infatti, se fino al primo decennio degli anni 2000 era l'esauribilità del petrolio a aprire la strada alla transizione energetica, ora è la sua ampia disponibilità a ostacolarla: è necessario affrontare la transizione non a causa dell'esauribilità del petrolio, ma nonostante l'abbondanza di esso, per contrastare l'effetto serra.

\* Università degli Studi di Cassino e del Lazio meridionale, Dipartimento di Economia e Giurisprudenza, Via S. Angelo, località Folcara, 03043 Cassino FR, domenico.devincenzo@unicas.it.

Saggio proposto alla redazione il 7 aprile 2021, accettato il 5 ottobre 2021.

*The energy transition in the current global context*

*Keywords:* energy transition, renewables, fossil fuels.

The energy transition is a process of transformation of the mix of primary sources of energy, but it is also a process of change that implies a profound transformation, which leads to a modification of lifestyles and a transformation of economic processes, so that we also arrive at the reduction of energy demand. Putting aside (at least for the moment) the problem of the depletion of fossil fuels, which for decades has occupied the debate on energy, given the renewed vitality in oil production, the energy transition is now exclusively dedicated to the reduction of emissions of greenhouse gases and mitigation of the causes of climate change. The process of replacing fossil fuels with clean and renewable energy, however, cannot fail to take into account the economic (price, demand and supply) and technical (capacity and production consistency) aspects that affect the use of different energy sources. The transition scenarios, therefore, should consider the economic aspects, but are often completely detached from them. The global economic context poses a challenge to the energy transition in at least two respects: 1) the reduction in the price of oil and 2) the abundant supply of oil. The price of oil, which has been falling since 2014 (although recovering in 2021) has been deeply affected by the collapse in energy demand caused by the Covid-19 pandemic. This price drop can make the energy transition problematic, as renewables could become more expensive than fossil fuels. The pandemic, however, has suddenly made all the previously developed scenarios obsolete, producing uncertainty about the future development of the energy transition. The abundant supply of oil (itself the cause of the crisis in its price), in turn, increases this uncertainty. Indeed, if until the first decade of the 2000s it was the exhaustion of oil that paved the way for the energy transition, now it is its wide willingness to hinder it: it is necessary to face the transition not because of the exhaustion of oil, but despite the abundance of it, to counter the greenhouse effect.

1. PREMESSA. – L'attenzione della geografia italiana verso i problemi dell'energia non è recente e non ha soluzione di continuità, perlomeno dagli anni '60 del secolo scorso, intensificandosi a partire dal decennio successivo<sup>1</sup>. All'interno

<sup>1</sup> Ne è testimonianza, ad esempio, il gruppo di ricercatori dell'Istituto di Geografia economica della Facoltà di Economia e commercio dell'Università di Roma, diretto da Ernesto Massi, tra i quali ricordiamo, in particolare, Giorgio Spinelli (1969; 1970; 1975), con i suoi lavori relativi al carbone e al petrolio (oltre che alla siderurgia). Spinelli sarà anche tra i primi geografi ad affrontare il rapporto tra uomo e territorio in ottica ecosistemica (Spinelli, 1977), come ben ci ricorda Lidia Scarpelli (2014). Sulla ricerca geografica italiana nel campo dell'energia tra 1960 e 1980, si veda anche Bellezza, 1980.

Il XIV Rapporto della Società Geografica Italiana (2020), dedicato proprio ai rapporti tra *Energia e territorio*, ci offre, tra le altre cose, una sintesi dei temi e dei momenti salienti di questo ambito di interesse. Matteo Puttilli (2009), invece, ben ricostruisce le vicende della geografia dell'energia a scala internazionale. A ulteriore dimostrazione dell'attuale interesse della geografia italiana per le

di un sempre più marcato 'pluralismo metodologico' di tipo multidisciplinare (le "geografie dell'energia" di Calvert, 2015), gli interessi della geografia dell'energia italiana del XXI secolo hanno riguardato soprattutto la geografia economica e geopolitica delle fonti di energia (Puttilli, 2010), spesso con particolare attenzione per il petrolio (Ruggiero, 2015; Codato *et al.*, 2019; de Vincenzo, 2019; de Vincenzo, 2020a; Grasso e Vergine, 2020), il paesaggio dell'energia (Dansero e Puttilli, 2009; Briffaud e Ferrario, 2015; Ferrario e Castiglioni, 2015; Mauro e Lughì, 2017; Mauro, 2019) e le fonti rinnovabili (tra gli altri, Bagliani *et al.*, 2012; Puttilli, 2014). In quest'ultimo ambito, nel primo ventennio degli anni 2000, si è sviluppato il dibattito sulla transizione energetica (Battisti, 2009; Puttilli, 2009), che, pur affondando le basi sul problema dell'esauribilità delle risorse (e quindi sulla potenziale riduzione dell'offerta dei combustibili fossili), si sposta verso il rapporto tra consumo di energia e cambiamento climatico (e quindi verso la necessità di ridurre la domanda di combustibili fossili). Il cambiamento climatico, peraltro, diventa esso stesso un fertile campo di ricerca per i geografi<sup>2</sup>. Il problema della transizione energetica, nei lavori più recenti, proprio in virtù di quel 'pluralismo metodologico', viene necessariamente declinato su aspetti più squisitamente tecnici (capacità e costanza produttiva, stoccaggio dell'energia...) ed economici (prezzo, domanda, offerta). Nel XIV Rapporto della Società Geografica Italiana (2020) su *Energia e territorio*, ci si chiede, in relazione alla transizione energetica, non tanto se le fonti rinnovabili continueranno a crescere (cosa che appare scontata), "bensì quanto le rinnovabili saranno realmente in grado di sostenere un'economia *low carbon* a livello globale" (Bencardino, 2020, p. 15), a causa della loro capacità produttiva, della loro incostanza, ma anche perché, almeno fino al 2019, la domanda di energia è costantemente crescente e difficilmente si riesce a immaginare un futuro senza combustibili fossili (EIA, 2020), in un contesto internazionale in cui alcuni paesi (Cina, soprattutto, ma non solo) non possono che continuare a utilizzarli a piene mani, per coprire le loro crescenti necessità di energia. A rendere ancora più complessa (nella lettura e nella applicazione) questa transizione energetica vi sono talune specifiche situazioni, che vengono a crearsi tra il 2010 e il 2020: la crescita 'rivoluzionaria' della produzione di petrolio non convenzionale negli USA e Canada (de Vincenzo, 2019; 2020a); la nascita di un soggetto nuovo, l'OPEC+, nel panorama geopolitico dell'energia, con un nuovo tentativo di controllare l'offerta (de Vincenzo, 2020a); soprattutto, il crollo della domanda di energia conseguenza della pandemia Covid-19, che ha determinato cambiamenti di portata epocale, anche nel campo dell'energia. Nel citato *Rapporto* della SGI, ritengo per questioni meramente temporali, non si è potuto prendere in considerazione l'effetto di questa

questioni energetiche, ricordiamo anche il Gruppo di lavoro AGeI "L'analisi geografica delle fonti di energia", coordinato da Giovanni Mauro.

<sup>2</sup> Si veda, per esempio, il volume di Bagliani, Pietta e Bonaiuti (2019) come esempio tra i più interessanti e completi di studi sul cambiamento climatico in chiave geografica.

pandemia sull'energia, ma in realtà essa ha avuto conseguenze proromponenti<sup>3</sup>, come si vedrà nel par. 4.

In questo lavoro, cercheremo di inquadrare gli effetti del passaggio dall'attenzione verso l'esaurimento del petrolio e dalla dipendenza geopolitica dai paesi OPEC (Arabia Saudita in testa), alla necessità di ridurre la domanda di petrolio in un contesto di abbondante offerta (di provenienza geograficamente più eterogenea rispetto al passato) e basso prezzo, in cui sono saltati taluni schemi interpretativi tradizionali. In tale contesto, il prezzo del petrolio diventa una variabile nodale in grado di promuovere il mercato delle rinnovabili o determinare la competitività dei combustibili fossili (Battisti, 2009).

2. TRANSIZIONE ENERGETICA: DAL PICCO DELL'OFFERTA AL PICCO DELLA DOMANDA. – La locuzione 'transizione energetica' viene specificamente attribuita al passaggio da un sistema energetico basato sulle fonti fossili non rinnovabili a uno imperniato sulle 'nuove' fonti rinnovabili (sole, vento, maree, onde, biomassa, biocombustibili...), ma, più in generale, possiamo affermare che è il passaggio, all'interno di un sistema energetico, dalla prevalenza di una fonte di energia primaria a un'altra, per la produzione di energia secondaria<sup>4</sup>. Negli ultimi 200 anni, infatti, abbiamo avuto almeno altre due transizioni energetiche: una da biomassa, forza umana e animale, energia cinetica di vento e acqua al carbone; l'altra dal carbone al petrolio. Durante il XX secolo, in realtà, si è creato un mix energetico divenuto via via più complesso, che ha portato alla compresenza, nel sistema energetico, di fonti primarie e secondarie particolarmente dinamica e variegata, organizzate in modo da ottenere da esse maggiori vantaggi (flessibilità, efficienza, capacità produttiva)<sup>5</sup>.

La transizione energetica attuale ha preso le mosse da una supposta scarsità, a onor del vero non molto diversamente dalle precedenti<sup>6</sup>. Nel caso specifico, è stato

<sup>3</sup> Si veda il numero speciale di *Documenti Geografici*, nel quale si affronta, tra le altre cose, l'impatto della pandemia sulla domanda di energia (de Vincenzo, 2020b) e ancora il numero speciale della rivista *Economia e Ambiente* (de Vincenzo, 2020c).

<sup>4</sup> Una fonte di energia primaria è una fonte di energia che si trova già presente in natura come materia prima mineraria (carbone, petrolio, gas, uranio), come biomassa (legna da ardere, colture), come energia proveniente direttamente o indirettamente dal sole (energia solare, vento, onde, ciclo idrologico...), come energia termica proveniente dalla terra (geotermia) o dalla gravitazione universale (maree). Sono fonti secondarie di energia (o vettori energetici) l'elettricità, l'idrogeno, i prodotti della raffinazione dei combustibili fossili (benzina, gasolio...), i processi di fermentazione per la produzione di etanolo o la transesterificazione degli oli vegetali per produrre biodiesel, ecc.

<sup>5</sup> Se a scala globale è ancora il carbone a essere utilizzato prevalentemente per la produzione di energia elettrica (23,3% del gas naturale contro il 36,4% del carbone, nel 2019), nei paesi OECD esso è stato ampiamente superato dal gas naturale (30,1% contro il 22,2% del carbone). In Unione Europea, il gas nella produzione di energia elettrica equivale al 21,5% del totale, mentre il carbone ha una quota del 15,2% (BP, 2020a). Il gas naturale viene utilizzato per produrre la maggior parte dell'idrogeno (Della Pietra *et al.*, 2020).

<sup>6</sup> Ci riferiamo al principio di popolazione di T.R. Malthus (1798) e al paradosso di Jevons (1865), relativamente alla transizione dalle forme di energia tradizionali al carbone; lo stesso mo-

l'allarme dato da Marion K. Hubbert (1949; 1959) di un imminente esaurimento del petrolio a dare l'avvio alla transizione, attraverso la teoria del picco della produzione (o dell'offerta) di petrolio (*peak oil*). Hubbert, geologo esperto in prospezioni petrolifere, già negli anni '40 del Novecento, prendendo in considerazione le riserve petrolifere rimanenti, ritenne che presto sarebbe stato raggiunto il picco delle scoperte di nuovi giacimenti, al quale sarebbe necessariamente seguito un picco della produzione e un successivo declino. Seguendo tale logica, aveva posto, per gli USA, il picco della produzione di petrolio nei primi anni '70 del Novecento. Tale picco effettivamente si verificò, contemporaneamente alla crisi petrolifera globale del 1973, cosa che diede alla teoria di Hubbert un risalto ancora maggiore.

L'occasione innescò un acceso dibattito che coinvolse studiosi e governi sulla necessità di avviare una transizione energetica basata sulle fonti rinnovabili. Gli Stati Uniti, colpiti direttamente dalle previsioni di Hubbert, furono tra i primi ad affrontare il problema della transizione energetica, dopo la prima crisi petrolifera del 1973 (Freeman *et al.*, 1974) e in seguito alla seconda crisi petrolifera del 1979, sotto l'amministrazione Carter, particolarmente sensibile a questi temi (Kendall e Nadis, 1980).

Il dibattito sul picco dell'offerta del petrolio contrappose 'cornucopiani' e 'pessimisti', spesso anche con toni piuttosto accesi, e si protrasse per decenni. Poi, nei primi anni Duemila, accadde qualcosa che lo sopì, in maniera del tutto inattesa. Nonostante la transizione energetica fosse stata avviata da tempo, ancora nel 2008 ci si chiedeva quali sarebbero stati i tempi e i modi con cui si sarebbe sostituito il petrolio in via di esaurimento con fonti alternative (Kaufmann e Shiers, 2008). La soluzione sarebbe arrivata di lì a poco: l'alternativa al petrolio è altro petrolio, quello non convenzionale. Un 'diluvio' di petrolio (Lynch, 2016) viene immesso sul mercato, soprattutto *tight oil* statunitense (de Vincenzo, 2019), a partire dagli anni '10. Improvvisamente si scopre che il petrolio è tutt'altro che prossimo all'esaurimento. L'aggiunta di nuovo petrolio agli *asset* energetici non è stata graduale, ma rapida: quasi un accendere l'interruttore del greggio. Infatti, grazie al prezzo elevato del petrolio, registrato fino al 2014, diventano sfruttabili economicamente anche altre tipologie di petrolio non convenzionale (le sabbie bituminose canadesi, per esempio) o giacimenti più costosi da sfruttare (come i giacimenti *deep offshore* brasiliani). L'incertezza sul 'picco del petrolio' è apparentemente risolta: c'è abbondanza di petrolio. In conseguenza di questa riscoperta vitalità del petrolio, il picco dell'offerta non rientra più negli interessi di studio (Bardi, 2019). Il cambio di passo, però, non lascia campo aperto al consumo senza limiti dei combustibili fossili. La necessità di una transizione già da tempo era stata associata alla neces-

dello di Hotelling (1931) è un tentativo di risolvere la questione della percepita scarsità del petrolio, attraverso la sostituzione determinata dall'aumento del prezzo.

sità di ridurre le emissioni di gas serra (CO<sub>2</sub>, soprattutto), in larga parte prodotte dalla combustione di carbone, petrolio e gas naturale<sup>7</sup>, cosa ampiamente nota sin dagli anni '70 a governi e compagnie petrolifere (Grasso, Vergine, 2020). Dopo la (perlomeno momentanea) perdita di interesse per l'esaurimento del petrolio, il dibattito si trasferisce definitivamente dal picco dell'offerta al picco della domanda di petrolio. Un cambiamento non da poco, in quanto il picco dell'offerta avrebbe portato alla transizione energetica perché ci si stava avviando verso l'esaurimento di una fonte primaria di energia; col picco della domanda, quest'ultima dovrebbe calare *nonostante* vi sia abbondanza di greggio, per ridurre le emissioni di gas serra e contrastare il riscaldamento globale e il cambiamento climatico. Questa condizione crea non pochi problemi in quanto un conto è gestire la transizione energetica movendosi in un contesto di scarsità, altro è farlo avendo la certezza che vi è abbondanza di petrolio e gas naturale.

Le incertezze sul picco della domanda, infatti, non sono inferiori a quelle che erano le insicurezze relative al picco dell'offerta: non sappiamo quando avverrà e, comunque, anche nel momento in cui si raggiungerà il picco, la domanda di petrolio (e combustibili fossili) non crollerà. Molto, comunque, dipenderà dall'andamento del prezzo del petrolio, che già dopo il 2014, con il suo improvviso crollo causato proprio da un eccesso di offerta, ha prodotto un parziale rientro degli entusiasmi.

3. IL PREZZO DELL'ENERGIA NELLA TRANSIZIONE ENERGETICA. – Che si parli di picco dell'offerta o di picco della domanda di petrolio, il suo prezzo è la variabile che ne determina la fattibilità economica e, allo stesso tempo, la possibilità di una sua sostituzione.

Il prezzo del petrolio è difficilmente controllabile, ma è comunque evidente che, al di fuori di talune situazioni, la crescita del prezzo del petrolio (come quella sperimentata nei primi 15 anni del XXI secolo), è spesso il risultato di un controllo oligopolistico del mercato e, nondimeno, di speculazioni finanziarie. Infatti, se il prezzo del petrolio fosse determinato all'interno di un mercato concorrenziale,

<sup>7</sup> La transizione energetica dai combustibili fossili a fonti di energia pulita e rinnovabile, dunque, è funzionale alla riduzione delle emissioni di gas serra, al fine di contenere il riscaldamento globale e il cambiamento climatico a esso conseguente. Nella Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sul Cambiamento climatico (UNFCCC, *United Nations Framework Convention on Climate Change*), firmata all'interno della Conferenza delle Nazioni Unite sull'ambiente e lo sviluppo (UNCED, più nota come *Earth Summit* di Rio de Janeiro) del 1992 e nelle successive Conferenze delle Parti (COP) – in particolare in quella di Kyoto del 1997, in cui viene approvato il Protocollo, e quella di Parigi del 2015, in cui viene firmato l'Accordo – non si parla esplicitamente di produzione di energia come causa delle emissioni di gas serra (e di anidride carbonica, in particolare), ma si fa riferimento solo alla necessità di ridurle. E ciò anche se è ampiamente accertato che la maggiore fonte di gas serra sono i combustibili fossili utilizzati per produrre energia elettrica (carbone e gas) e carburanti per i trasporti (petrolio).

l'esito sarebbe un eccesso di offerta con un deciso calo del prezzo (Roncaglia, 2006). Ed è esattamente ciò che è accaduto nel 2014, quando l'immissione di petrolio *tight* sul mercato da parte degli Stati Uniti provocò una reazione da parte di OPEC+<sup>8</sup> che, nel tentativo di mettere fuori mercato il petrolio USA, tenne alta la produzione di petrolio, invece di adeguarla alla domanda, causando il crollo del prezzo, che in un anno (luglio 2014-luglio 2015) passò da 104 a 47 dollari al barile, per scendere sotto i 30 dollari al barile a inizio del 2016 (prezzo spot del Brent).

Il prezzo del petrolio, dunque, è alla base della transizione energetica. Infatti, una tecnologia di *backstop* – la tecnologia in grado di rendere obsoleta la risorsa esauribile, sostituendola con una risorsa potenzialmente infinita o rinnovabile – è possibile proprio quando i costi medi di produzione della nuova risorsa (calanti) vanno al di sotto del prezzo spot (crescente) della risorsa da sostituire (esauribile) (Nordhaus, 1973; Dasgupta, Heal, 1979).

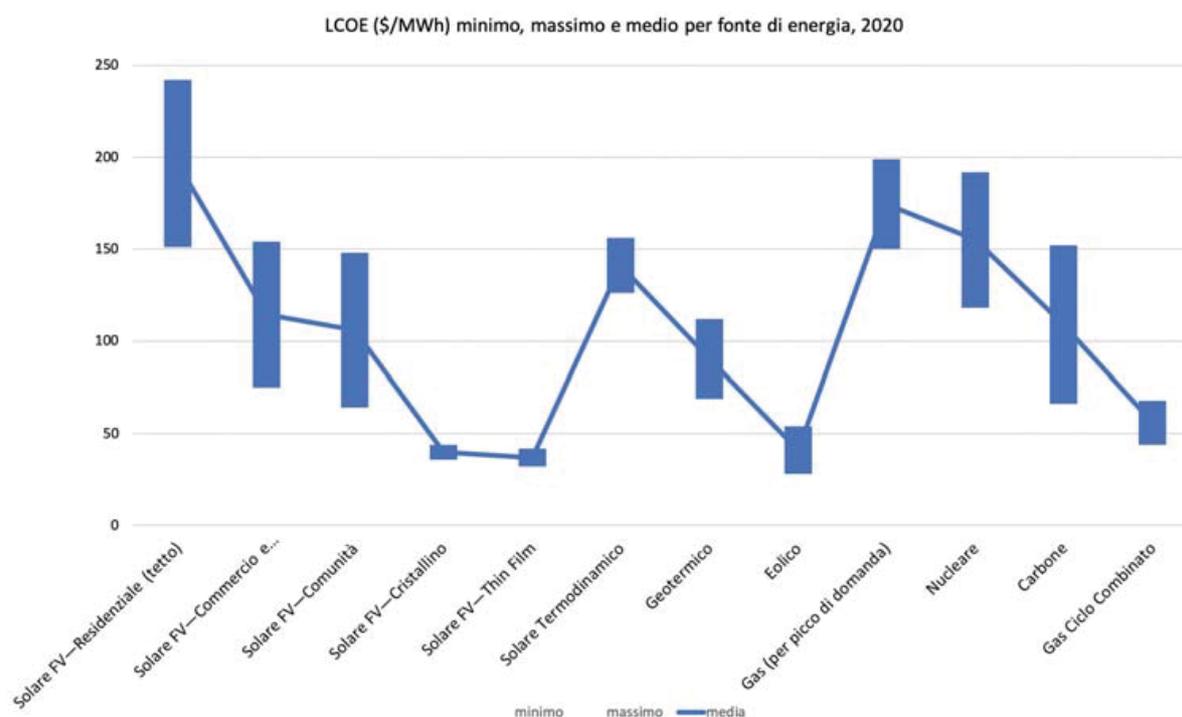
Per gli economisti delle risorse, infatti, “the amount of any mineral left in the earth is an irrelevant, nonbinding constant. If the cost of replenishing inventory, of locating and extracting additional mineral, exceed the expected market price, investment dries and the industry disappears. What is left in the ground is unknown, probably unknowable, certainly unimportant. It's a geologic curiosity, not an economic fact” (Adelman, 1989, p. 1). È, dunque, il prezzo che determina lo sfruttamento di una risorsa e che determina la sua eventuale sostituzione, perché sono le forze di mercato a determinare quando una risorsa è esaurita (nella sua funzione, non nel senso fisico) e deve essere sostituita (Kaufmann e Cleveland, 1991).

Ne consegue che il costo di produzione delle rinnovabili è fondamentale nel prendere la decisione di installare nuovi impianti. Per cui, se i costi delle rinnovabili sono più alti di quelli delle fonti tradizionali, la crescita degli impianti è possibile al limite solo per pionieristiche installazioni del tutto marginali all'interno dell'offerta energetica complessiva o da incentivi statali, che hanno lo scopo di far crescere la tecnologia loro connessa e, con l'aumento della domanda, di ridurre i costi di produzione attraverso economie di scala.

La transizione è possibile solo se il costo dei sostituti (le fonti rinnovabili) è inferiore a quello di gas, petrolio e carbone. I costi di produzione delle rinnovabili, secondo studi accreditati (IRENA, 2020b; Lazard, 2020), in effetti risultano in molti casi addirittura più bassi rispetto alle fonti tradizionali se misurati come *Levelized Cost of Energy (LCOE)*<sup>9</sup> (Fig. 1). La capacità produttiva, al contrario, non è ancora sufficiente per poter dichiarare la transizione energetica come prossima.

<sup>8</sup> Con OPEC+ si individua il nuovo cartello di paesi esportatori di petrolio, formato dai paesi OPEC e dalla Russia, insieme a altri paesi quali Angola, Azerbaijan, Bahrain, Brunei, Kazakhstan, Malesia, Messico, Oman, Sud Sudan e Sudan.

<sup>9</sup> Il *Levelized Cost of Energy (LCOE)* è il rapporto tra costo di produzione dell'energia e il periodo di tempo in cui la tecnologia considerata funziona. Per permettere il confronto tra anni diversi, il LCOE è attualizzato a un anno comune e, relativamente a quelli forniti da IRENA e Lazard, sono depurati dagli eventuali incentivi previsti dalle legislazioni dei diversi Paesi.



Fonte: nostra elaborazione su dati Lazard, 2020b.

*Fig. 1 - Levelized Cost of Energy (LCOE) minimo, massimo e medio (\$/MWh), per fonte di energia*

Di converso, vi è una ridotta affidabilità del petrolio dalla parte dell'offerta, relativamente al prezzo (altamente volatile), a fronte di una relativa affidabilità delle rinnovabili, che non dipendono, nell'approvvigionamento delle materie prime (sole, vento...), dagli andamenti del mercato. Il costo medio di produzione delle energie rinnovabili si è sempre ridotto nel tempo, perché gli investimenti in tecnologia nelle rinnovabili sono tesi a ottenere proprio una riduzione nei costi di produzione, attraverso una maggiore efficienza degli impianti. Bisogna comunque tener conto che i costi delle rinnovabili, attualmente, non comprendono i costi di stoccaggio dell'energia. Lo stoccaggio dell'energia è fondamentale nel processo di transizione energetica, in quanto esso permetterebbe di superare uno degli ostacoli alla transizione: la loro 'incostanza'. Sole e vento sono ubiquitari, ma non sono presenti nella stessa quantità ovunque e nel momento in cui servono per produrre energia. In ogni caso, la potenza già installata non soffre delle variazioni di prezzo dell'energia, in quanto la materia prima è gratuita e gli impianti continuano a produrre con gli stessi costi marginali, qualunque sia il prezzo dell'energia. Vi potrebbero essere delle sofferenze, nel caso in cui il prezzo dell'energia troppo basso non dovesse compensare l'investimento, ma in ogni caso l'energia prodotta verrebbe immessa nella rete e, eventualmente, utilizzata.

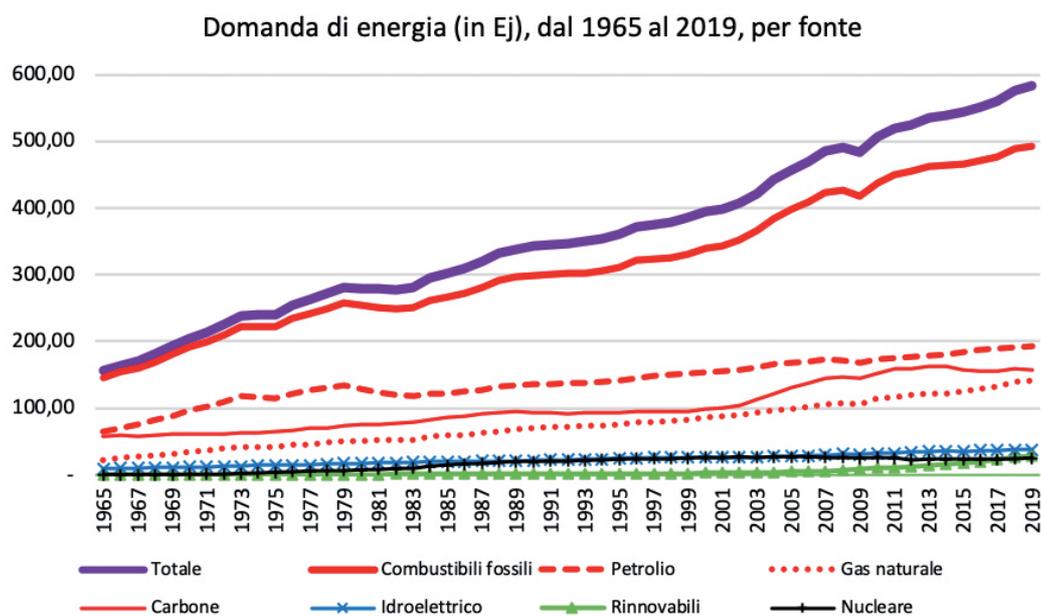
Si tenga conto che, paradossalmente, un basso costo dell'energia può da una parte mettere fuori mercato le rinnovabili, dall'altra produrre vantaggi per la produzione di idrogeno con il processo elettrolitico. Nella transizione energetica in atto, l'idrogeno è un vettore energetico nodale, in quanto può essere utilizzato nello stoccaggio dell'energia da utilizzare nelle pile a combustibile, una delle possibili alternative alle batterie al litio<sup>10</sup> per i motori elettrici.

4. LO STATO DI FATTO E L'EVOLUZIONE DELLA DOMANDA MONDIALE DI ENERGIA. – La domanda mondiale totale di energia nel 2019 è stata di 584 Exajoules (Ej), pari a 162.000 Terawattora (TWh)<sup>11</sup>. Questa domanda viene coperta per l'84,32% dai combustibili fossili, per il 6,45% dall'energia idroelettrica, per il 4,27% dal nucleare e per il 4,96% dalle (nuove) rinnovabili. Lo 0,7% della domanda è relativo ai biocombustibili (comunque, ricompresi all'interno delle rinnovabili). Tra i combustibili fossili è prevalente il petrolio, seguito dal carbone e poi dal gas naturale, che si mostra sempre più 'dinamico' rispetto alle altre due fonti fossili e si presume possa assumere un ruolo fondamentale nel processo di transizione energetica. Ciò anche all'interno della più 'rigida' Unione Europea. Infatti, il commissario europeo per il clima Frans Timmermans, ha dichiarato che “se si passa dal carbone al sostenibile e nel periodo intermedio si usa il gas naturale, già l'ambiente ne trae vantaggio, perché le emissioni scenderanno in modo sostanziale. Quindi, l'obiettivo finale è di escludere completamente i combustibili fossili dal mix energetico, ma in questa fase penso che utilizzare il gas naturale nel mix energetico ci aiuterà a realizzare la transizione” (Pitchers, 2020).

<sup>10</sup> La costruzione delle batterie al litio è un altro dei problemi messi in campo dai detrattori della transizione energetica, non sempre a torto. Per la costruzione di tali batterie è necessaria una elevata quantità di energia (il valore mediano è 150 kWh e 120 kg di CO<sub>2</sub> equivalente ogni kWh di capacità della batteria, secondo una rassegna di 50 studi pubblicati tra il 2005 e il 2020, effettuata da Aichberger e Jungmeier, 2020). Senza trascurare il problema dell'approvvigionamento delle materie prime (litio, cobalto, rame, grafite naturale, ecc.) necessarie per la loro costruzione, che potrebbe diventare un problema geopolitico addirittura superiore a quello dell'approvvigionamento di petrolio e gas naturale, visto che, al momento, è decisamente ristretto il numero di paesi fornitori di tali materie prime (UNCTAD, 2020).

<sup>11</sup> I dati relativi alla produzione e al consumo di energia (rinnovabile e non) sono piuttosto disomogenei, in base alla fonte. Per la completezza della serie storica e per la modalità di costruzione del database, che permette il confronto tra fonti diverse, noi utilizzeremo i dati forniti da BP nel suo più recente rapporto annuale *Statistical Review of World Energy* (BP, 2020a).

Un Exajoule (Ej) è uguale a 10<sup>18</sup> joule. Un joule è pari a 3,6 milioni di kWh (quindi 1 kWh è pari a 2,78<sup>-7</sup> joules). Quindi per effettuare la conversione da Ej a Terawattora (TWh=10<sup>9</sup> kWh), si deve moltiplicare gli Ej per 277,8. Se non diversamente specificato, i valori sono tutti riferiti alla domanda o alla produzione annuale (TWh/anno; Ej/anno).



Fonte: nostra elaborazione su dati BP, 2020a.

Fig. 2 - Domanda di energia (in EJ), dal 1965 al 2019, per fonte

Nel periodo considerato (1965-2019), l'andamento dei consumi di carbone risulta sempre crescente, fino al 2014, mentre il petrolio subisce una prima contrazione nel 1973-75 (in corrispondenza della prima crisi petrolifera), un'altra, più importante, nel 1979-84 (in corrispondenza con la seconda crisi petrolifera), e una terza contrazione la si ha in corrispondenza dell'inizio della crisi economica del 2008. Già dall'anno successivo, la domanda di petrolio comincia a crescere nuovamente, fino al 2019. Nel 2020, le misure di contenimento della diffusione dell'infezione Covid-19 colpiscono gravemente la domanda di greggio (de Vincenzo, 2020b), portando quest'ultima, nel periodo di maggiore impatto della pandemia sulla domanda, da oltre 100 milioni di barili al giorno (Mbb/g) della fine del 2019 a poco più di 80 Mbb/g nel periodo di maggiore impatto della crisi sanitaria sul petrolio (secondo quarto del 2020, con un massimo nel mese di aprile) (Lee, 2020; Rystad Energy, 2020a). Questo crollo della domanda di petrolio è da taluni scenari (per es., BP, 2000b) visto come picco della domanda di petrolio, che dunque verrebbe stabilito al 2019.

Sempre nel 2020, si assiste a un crollo del prezzo del petrolio: tra il 20 e il 21 aprile, il Brent raggiunge la quotazione di 9 \$/b, mentre il WTI, il petrolio di riferimento per gli USA, per la prima volta nella storia entra in territorio negativo con -37 \$/b.

La domanda di energia primaria, fino alla prima metà del XX secolo, viene quasi completamente coperta dal carbone, che anche dopo essere stato superato dal petro-

lio (il sorpasso del petrolio è avvenuto nel 1965) ha continuato la sua crescita fino al 2014, quando ha subito una, seppur debole, contrazione, che da taluni viene interpretata come picco della domanda di carbone (BP, 2020b; DNV-GL, 2020). Anche il gas naturale è in progressione crescente e non ha mai subito cali significativi della domanda (tranne nel 2008). Peraltro, come abbiamo visto, è considerato il sostituto ‘pulito’ e più efficiente del carbone nella produzione di energia termoelettrica.

Il nucleare, a lungo ritenuto l’unica vera alternativa ai combustibili fossili per la produzione di energia elettrica (Marchetti, Nakicenovic, 1979; Nordhaus, 1973) – nonostante la propaganda battente, ancora oggi, che la disegna come una fonte primaria di energia sicura e pulita e nonostante il successo in alcuni paesi, come la Francia, in cui ha rappresentato oltre il 40% del totale dei consumi di energia primaria – ha avuto una fase debolmente crescente con punto di massimo nel 2006 e con una domanda di 27 EJ. Dall’anno successivo, ha cominciato a calare, a causa dello smantellamento di vecchie centrali nucleari, non sostituite con nuovi impianti, visti gli elevati costi di costruzione, manutenzione e *decommissioning* (ma vista anche la diffusa contrarietà dell’opinione pubblica nei loro confronti, un tipico caso di NIMBY). Nel 2013, il consumo di energia nucleare ha cominciato a risalire, grazie soprattutto alla Cina, insieme a pochi altri paesi – soprattutto economie emergenti, quali Russia e India – in cui vi è stata una crescita esponenziale della produzione (349 TWh nel 2019). La Cina risulta essere terzo produttore dopo gli Stati Uniti e la Francia. Gli Stati Uniti, negli ultimi 20 anni, hanno avuto un arresto dei consumi e poi un calo, pur producendo una quantità di energia nucleare più che doppia rispetto a quella cinese (852 TWh, nel 2019). La Francia, attualmente, è il secondo paese produttore di energia nucleare al mondo con 400 TWh. Per la Francia vale lo stesso discorso degli Stati Uniti, visto il costante calo della produzione, dal 2005. In generale, i paesi OECD seguono un percorso di decrescita, quelli non-OECD uno di crescita della produzione e del consumo di energia termoelettrica nucleare.

L’idroelettrico cresce pressoché costantemente nel tempo e nel 2019 ha raggiunto una domanda di oltre 36 EJ. Seppure non da tutti ritenuta compatibile con l’ambiente e, addirittura, fonte di gas serra (Barros *et al.*, 2011; Mendonça *et al.*, 2012)<sup>12</sup>, è la fonte rinnovabile su cui si fa maggiore affidamento per sostenere le incostanze produttive delle ‘nuove’ rinnovabili, soprattutto quando si fa riferimento al mini-idro, meno impattante per territorio e ambiente. Infatti, i bacini artificiali sono accumulatori di grandi quantità di energia (cinetica), immediatamente disponibile per essere trasformata in energia elettrica da immettere nella rete, soprattutto quando è necessario coprire la domanda nei picchi giornalieri.

<sup>12</sup> Le emissioni di gas serra (metano soprattutto) deriverebbero dalla decomposizione degli organismi depositati sul fondo del lago artificiale, nel momento in cui l’invaso viene svuotato per produrre energia elettrica. Il metano è un potente gas climalterante (20 volte più efficiente della CO<sub>2</sub> nel conservare la radiazione solare in atmosfera).

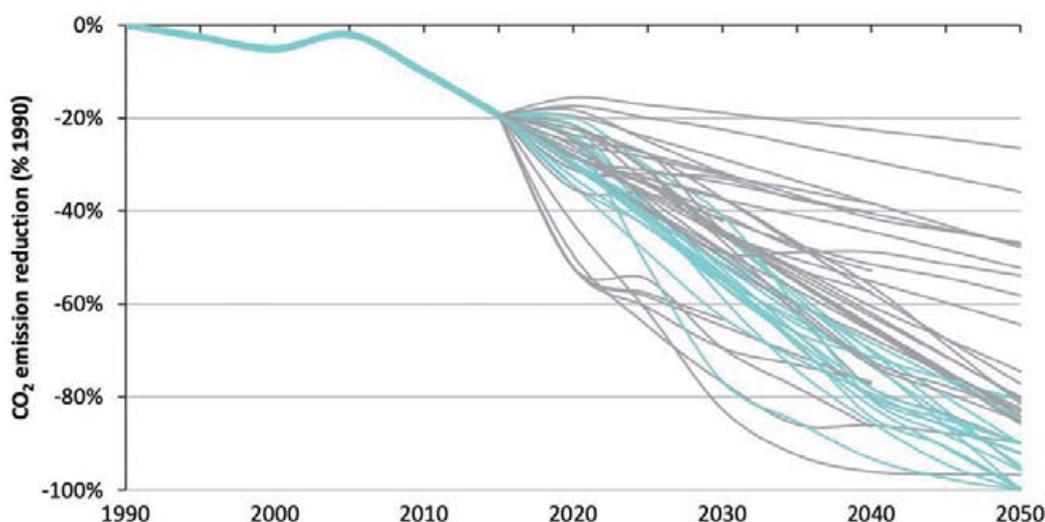
Infine, troviamo le ‘nuove’ rinnovabili, che si riferiscono soprattutto al solare fotovoltaico e all’eolico, anche se molte di più sono le forme di produzione (solare termodinamico, maree, onde, geotermia...). La loro progressione di crescita è esponenziale e ciò lascia sperare in un futuro ‘rinnovabile’, anche se nel loro sviluppo ormai cinquantennale, nonostante l’enfasi che viene data alle rinnovabili, hanno raggiunto una produzione di solo 25 EJ, con una quota di produzione sul totale di poco meno del 5%. I problemi legati allo sviluppo delle rinnovabili, lo abbiamo visto, non sono pochi. E anche gli scenari post-pandemia offrono, relativamente alle rinnovabili, spunti di lettura non univoci, anche se molti sono i segnali positivi per l’avvio della transizione energetica.

5. GLI SCENARI GLOBALI AL 2050, DOPO LA PANDEMIA COVID-19. – Gli scenari relativi alla transizione energetica sono rappresentazioni plausibili di stati futuri incerti. Tali scenari vengono elaborati da diverse agenzie governative nazionali e internazionali, istituti di ricerca, organizzazioni non governative, *majors* petrolifere<sup>13</sup>, e riferiscono dei possibili andamenti futuri della domanda di energia, in base alla situazione corrente (scenario di riferimento, *current policies*, ecc.) e in base a eventuali politiche più restrittive nei confronti dei combustibili fossili e più favorevoli alle fonti rinnovabili. I risultati di questi studi mostrano una estrema variabilità dei risultati (Dale e Fattouth, 2018; Colin *et al.*, 2019; Newell *et al.*, 2020).

Come viene mostrato in uno studio preparato per la Commissione Europea (Tsiropoulos *et al.*, 2020), tra il 2017 e il 2019 sono stati pubblicati almeno 70 scenari relativi alla transizione energetica in UE, inseriti all’interno di 26 pubblicazioni. Questi scenari sono predisposti in modo da mostrare le tendenze in atto, in base alle attuali politiche e a quelle possibili, in grado di raggiungere gli obiettivi dell’Accordo di Parigi del 2015 (“mantenere l’aumento della temperatura media mondiale ben al di sotto di 2°C rispetto ai livelli preindustriali e proseguendo l’azione volta a limitare tale aumento a 1,5 °C rispetto ai livelli preindustriali”, art. 2), senza peraltro fornire dati minimamente convergenti (Fig. 3).

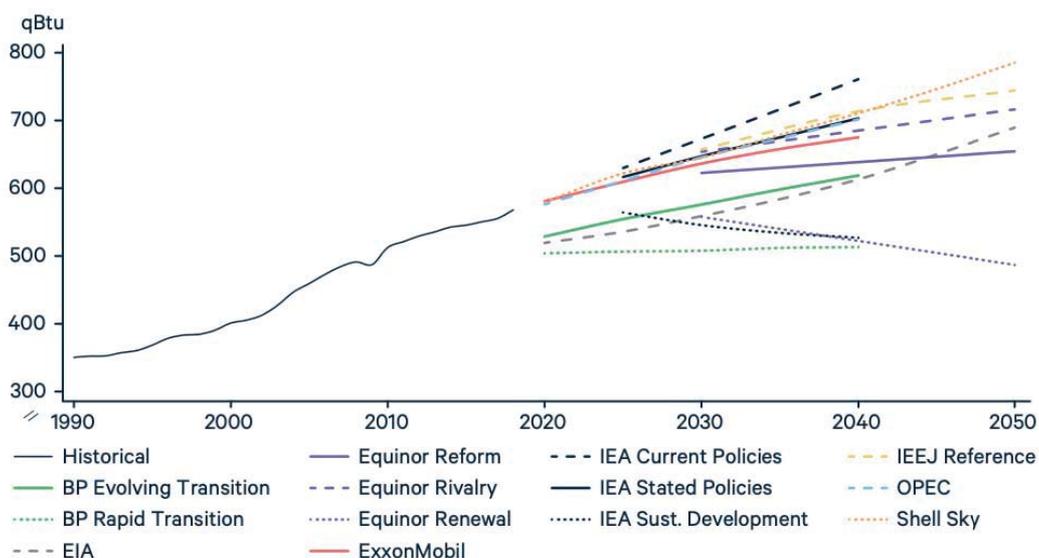
Un confronto fra diversi scenari permette di verificare che raramente coincidono, siano essi riferiti agli sviluppi di politiche correnti (in atto) sia a politiche più cogenti per il raggiungimento degli obiettivi dell’Accordo di Parigi (Fig. 4). Ovviamente, le scelte fatte in ogni fase del processo di costruzione – ipotesi di input, uso di un modello – condizionano i risultati degli scenari e non sono sempre esplicite (Colin *et al.*, 2019, p. 54).

<sup>13</sup> Per questo lavoro abbiamo consultato i seguenti rapporti: IRENA, 2020a, 2020c; *World Energy Model* (IEA, 2020b), *World Energy Outlook* (IEA, 2020a; EIA, 2020); World Energy Council (WEC, 2019); Solé *et al.*, 2020; I4CE, Institute for Climate Economics (Colin *et al.*, 2019); IPCC, 2019, p. 14; DNV-GL, 2020; IEEJ, 2020; Wood Mackenzie (Crooks, 2020); Greenpeace, 2015; BP, 2020b; Equinor, 2020; Bloomberg, 2020, IIASA (Grubler *et al.*, 2018). Per una classificazione degli scenari, v. Puttilli, 2014, p. 57.



Fonte: Tsiropoulos, 2020.

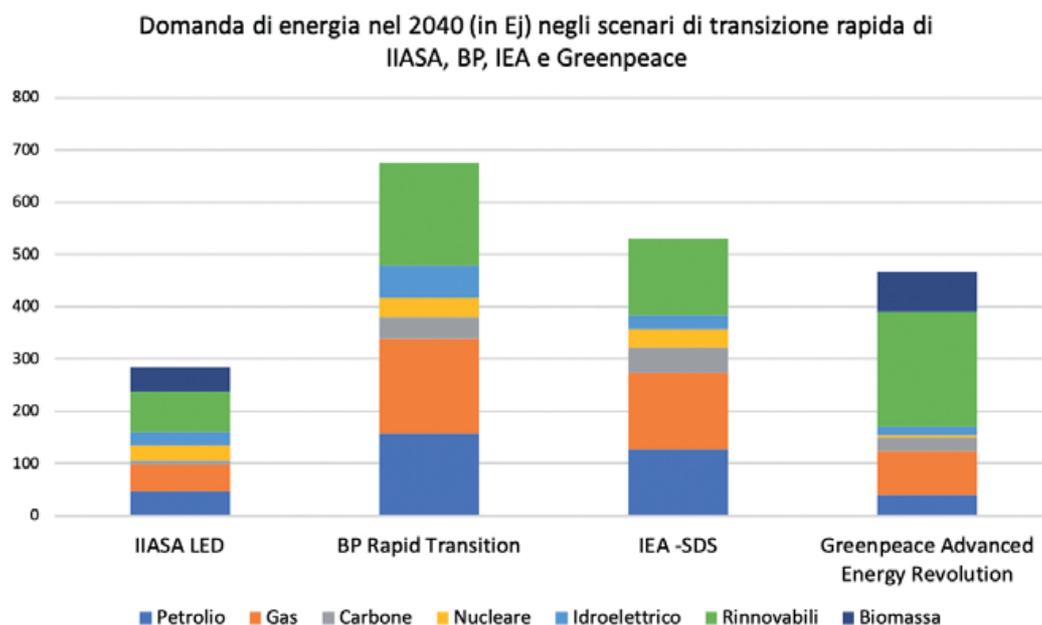
Fig. 3 - Traiettorie delle emissioni di CO<sub>2</sub> per l'Unione Europea al 2050, pubblicati fra il 2017 e giugno 2019



Fonte: Newell et al., 2020.

Fig. 4 - Scenari relativi alla domanda di energia primaria a scala globale (in qBTU=10<sup>15</sup>BTU=1,055 EJ)

Gli scenari analizzati mostrano discrepanze relativamente ai dati di partenza e spesso sono influenzati dagli obiettivi che si vogliono raggiungere (Puttilli, 2014). Per esempio, osservando alcuni scenari relativi al raggiungimento degli obiettivi più spinti dell'Accordo di Parigi (Fig. 5), nello scenario di riferimento di Greenpeace



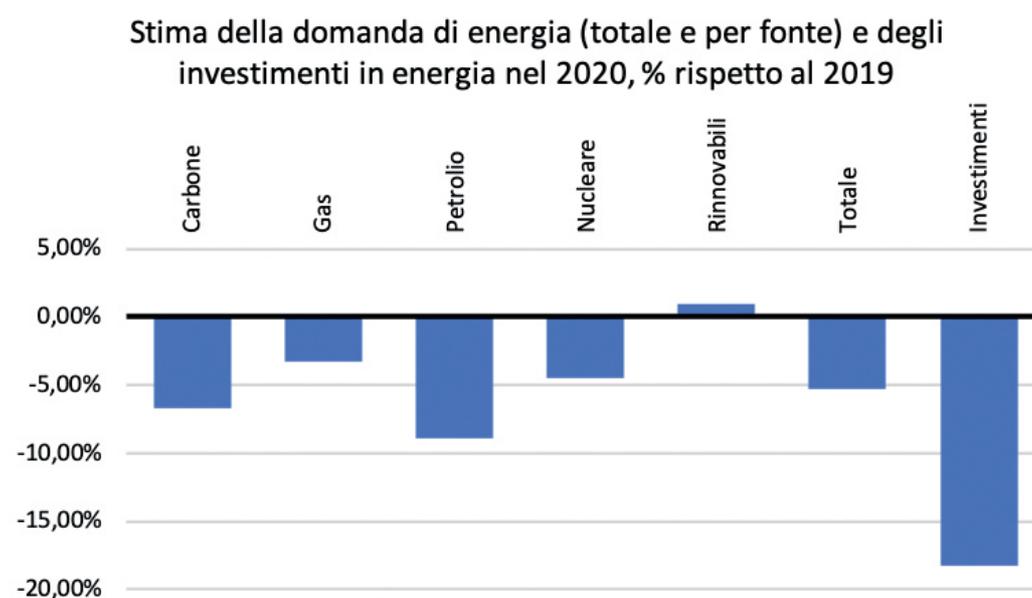
Fonte: nostra elaborazione su dati Colin *et al.*, 2019.

Fig. 5 - Domanda di energia nel 2040 (in EJ), negli scenari di transizione rapida di IIASA (Grubler *et al.*, 2019), BP (2019a), IEA (2019) e Greenpeace (2015)

(2015), la domanda annua di energia primaria nel 2040 dovrebbe essere pari a 530 EJ, che è addirittura inferiore al valore registrato nel 2018 (576 EJ) da BP (2019a). Nello scenario IIASA (Grubler *et al.*, 2018), addirittura, la domanda di energia totale è la metà di quella di BP *rapid transition*. Lo scenario più ‘avanzato’ di Greenpeace proietta al 2040 una transizione con una domanda totale di energia a un livello più basso dei due scenari ‘sostenibili’ di IEA (2018) e BP (2019a); l’energia rinnovabile del modello di Greenpeace è superiore a quella dello scenario BP e doppia rispetto a quella di IEA; al contrario, in IEA e BP, i combustibili fossili sono, rispettivamente, 3 e 4 volte superiori rispetto allo scenario di Greenpeace (Colin *et al.*, 2019, p. 53).

La situazione descritta nel paragrafo 3 si ferma al 2019. È quindi precedente la pandemia Covid-19, e risulta già incerta nei suoi sviluppi. La crisi sanitaria ha ulteriormente complicato gli esiti e la loro lettura, dimostrando (se ce ne fosse bisogno) proprio la fragilità degli scenari predisposti in passato. Gli scenari pre-2020, infatti, non avevano nessuna possibilità di combaciare con le condizioni che si sono venute a creare nel 2020. Pertanto, tutti gli scenari possibili futuri (anche quelli più arditi) hanno avuto bisogno di un rimaneggiamento per comprendere gli sviluppi dell’energia alla luce del Covid-19. L’IEA (2020a e 2020b), per esempio, ha aggiunto uno scenario (il *Delayed Recovery Scenario*, DRS), specifico per coprire la situazione in cui la pandemia dovesse allungare i tempi della ripresa economica.

Innanzitutto, nessuno scenario poteva prevedere un picco della domanda nel 2019, anche se per fattori del tutto indipendenti da logiche legate alla transizione energetica. Secondo le stime dell'International Energy Agency (IEA, 2020a), nel 2020 la domanda di energia è calata del 5,3%, rispetto al 2019. Sempre secondo l'IEA, nel 2020, tutte le fonti primarie di energia – escluse le rinnovabili – hanno visto calare la domanda (tra il 3,3 e l'8,5%) e ancora più intenso è stato il calo degli investimenti nel campo dell'energia (-18,3%) (Fig. 6).



Fonte: nostra elaborazione su dati IEA, 2020a.

Fig. 6 - Stima della domanda di energia (totale e per fonte) e degli investimenti in energia nel 2020 (% rispetto al 2019)

Alcuni scenari, nelle versioni 'sostenibili', presentano questo calo della domanda o una sua debole crescita come strutturale già dal 2020 (per es., IEA SDS, Equinor Renewal, BP Rapid Transition) (Fig. 7). Perché il calo della domanda diventi immediatamente strutturale, dovremmo avere una tecnologia che renda improvvisamente più efficiente l'uso dell'energia, sia nei processi produttivi che nel consumo, ma non sembra plausibile, in tempi brevi. Oppure dovremmo avere un altrettanto improvviso cambiamento degli stili di vita, che non è un semplice cambiamento delle abitudini. Non sembra che il calo della domanda possa provenire neanche da specifiche politiche di incentivazione/disincentivazione (tasse, incentivi, sistema dello scambio di emissioni, ...), perché queste possono agire sul mix delle fonti (favorire le rinnovabili, disincentivare i combustibili fossili, rinunciare al nucleare), ma non determinare coercitivamente una riduzione della domanda. C'è chi

ritiene che l'ipotesi di un rallentamento della domanda o di una sua contrazione faccia semplicemente parte di un calcolo errato (Goehring, Rozenchwajg, 2021).

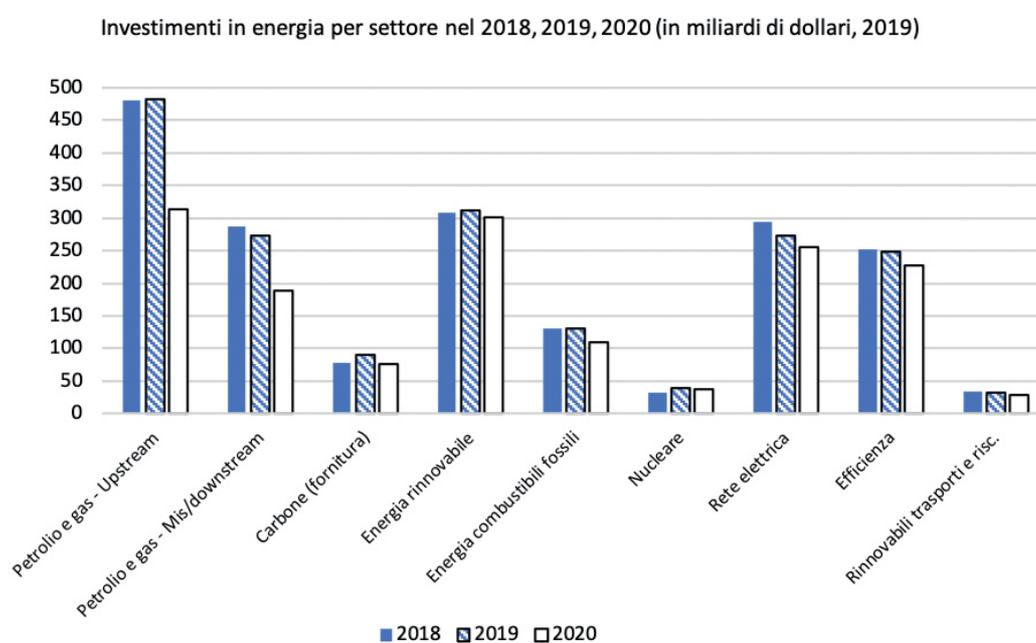
In relazione al mix energetico, negli scenari successivi alla crisi sanitaria Covid-19 viene mostrata una contrazione della domanda di energia, che penalizza soprattutto le fonti fossili e il petrolio in particolare. Nel rapporto di BP (2020b), nello scenario *Business as Usual* (BAU), il petrolio raggiunge il picco nel 2025, anche se si prevede una crescita consistente della domanda di gas naturale. Negli scenari 'sostenibili' (*Net-zero* e *Rapid*) viene addirittura indicato il 2019 quale anno del picco. Ma si chiarisce che gli investimenti nel settore degli idrocarburi non devono essere allentati, in quanto, senza questi investimenti, non si potrebbe sostenere il livello di greggio e di gas naturale (la cui domanda, al contrario del greggio, cresce in questi due scenari vicini agli obiettivi di Parigi), necessari per sostenere la transizione verso le rinnovabili. È evidente che si lascia intendere che questa crisi sanitaria ha prodotto effetti sulla domanda di energia che potrebbero segnare un cambiamento di passo, che influenzerà il processo di sviluppo energetico futuro. Pertanto, secondo questo punto di vista, la stessa transizione energetica viene, se non accelerata, perlomeno non sfavorita da questa crisi sanitaria (Rystad Energy, 2020b).

Diversi segnali ci indicano che la domanda comincerà a risalire, ancor prima della fine della pandemia e del rientro delle misure di contenimento della diffusione del virus Sars-CoV-2. Le interpretazioni possibili sono comunque contrastanti, perché il prezzo del petrolio, già nei primi mesi del 2021, ha cominciato a crescere, recuperando i livelli pre-pandemia (64 \$/barile nel marzo 2021). Ma proprio perché cresce il prezzo, potrebbe calare il consumo di petrolio o, da un altro punto di vista, potrebbe essere tenuta bassa l'offerta di greggio, proprio per tenere alto il suo prezzo, esattamente nel modo in cui ha cominciato a agire l'Arabia Saudita a inizio 2021 (IEA, 2021b).

La contrazione della domanda di petrolio è interpretata anche come un trampolino per la transizione energetica, poiché la ripresa della domanda delle fonti fossili appare fortemente compromessa e non comparabile con quella precedente il 2020 (IEA, 2021a; Forum, 2020; DNV-GL, 2020). A corroborare questa ipotesi vi è l'interesse mostrato dalle *majors* petrolifere per le rinnovabili, che stanno investendo o prevedono di investire a tutto campo nelle rinnovabili (eolico, solare fotovoltaico e idroelettrico, ma anche idrogeno prodotto con elettrolisi<sup>14</sup> e stoccaggio dell'energia): dal 2020 al 2023 dovrebbero quadruplicare gli investimenti di sette

<sup>14</sup> La maggior parte dell'idrogeno (98%) è prodotta partendo da gas naturale e carbone. L'idrogeno può essere prodotto partendo dall'acqua, attraverso l'elettrolisi, un processo che utilizza l'energia elettrica per separare la molecola di diidrogeno (H<sub>2</sub>) dall'ossigeno (O). Ovviamente, l'elettrolisi non è sufficiente per la produzione di idrogeno 'verde', ma è necessario che l'energia elettrica utilizzata nel processo provenga da fonti rinnovabili e non da fonti fossili.

compagnie petrolifere tra le più importanti<sup>15</sup>, passando da poco più di 2 a 8 miliardi di dollari, secondo Rystad Energy (2021). Apparentemente, un interesse forte di *Big Oil* per le rinnovabili. Ma poca cosa rispetto agli investimenti delle *majors* nel campo del petrolio: la stessa Rystad Energy (2020a), infatti, prevede che, nel 2021, le compagnie petrolifere effettueranno investimenti in esplorazione e produzione di petrolio per ben 380 miliardi di dollari. Certo è che gli investimenti in rinnovabili, nel 2020, sembrano aver sentito meno i colpi della pandemia, rispetto al sistema del petrolio (Fig. 7) e i dati forniti nel 2021 da BP nel suo *Statistical Review of World Energy*, confermano che, a fronte di un calo della domanda di energia primaria nel 2020 di 25 EJ, il consumo di energia rinnovabile non solo non è calato, ma è cresciuto rispetto all'anno precedente di quasi 3 EJ.



Fonte: nostra elaborazione su dati IEA, 2020c.

Fig. 7 - Investimenti in energia per settore, nel 2018, 2019 e 2020 (stime) (in miliardi di dollari, 2019)

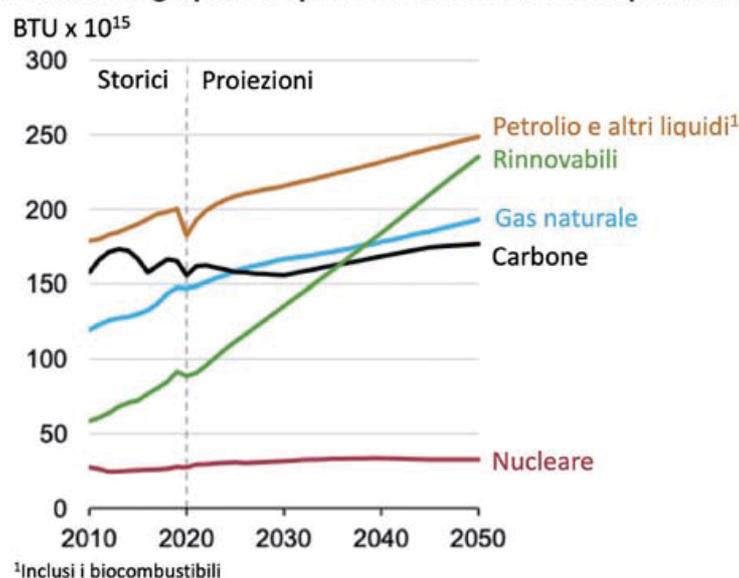
La crescita prima e la tenuta poi degli investimenti nelle rinnovabili, apparentemente un successo, ha suscitato però reazioni preoccupate per le conseguenze che si avrebbero nel caso in cui la transizione energetica stenti a partire. Errori di valutazione circa il reale andamento della domanda di energia e eccessi di ottimismo, che non terrebbero conto dei tempi tecnici minimi per una transizione energetica,

<sup>15</sup> Ci si riferisce alle seguenti *E&P companies*: Total, Shell, Repsol, Galp, Equinor, Eni e BP.

potrebbero causare perdite economiche ingenti alle società coinvolte e problemi di copertura della domanda di energia (Bocca, 2020; Goehring, Rozencajg, 2021). In sostanza, contare sul picco della domanda di energia e, contemporaneamente, sul picco della domanda di petrolio nel 2019 ritenendoli l'inizio della transizione, anziché considerarli un anticipo 'artificioso' del picco, può significare fare eccessivo affidamento sulle rinnovabili. Nel breve periodo, peraltro, questi investimenti non sarebbero relativi all'aumento dell'efficienza, ma soprattutto investimenti in aggiunta di capacità produttiva, cioè per la costruzione di nuovi impianti. Ridurre gli investimenti nei combustibili fossili, secondo questa interpretazione, potrebbe significare trovarsi impreparati, nel momento in cui le rinnovabili non dovessero essere sufficienti per coprire una domanda nuovamente in crescita. Infatti, potremmo non avere gas e petrolio sufficienti per coprire la nuova domanda e si dovrebbe far ricorso, paradossalmente, ancora una volta al carbone per la produzione di energia.

La fotografia di questa prospettiva è offerta dallo scenario di EIA, 2020. Poiché la domanda di energia primaria aumenterebbe fino a 940 EJ dai 584 EJ del 2019 (che è poi la crescita che si registrerebbe se l'andamento della domanda continuasse ai ritmi del periodo precedente la pandemia), si assisterebbe, accanto alla consistente crescita della domanda di rinnovabili (fino a 250 EJ, dieci volte il valore del 2019), anche alla crescita delle fonti primarie non rinnovabili (petrolio, gas naturale e nucleare). Solo la domanda di carbone cala, ma fino agli anni '30, dopo di che si prevede che riprenda a crescere (Fig. 8).

**Mondo - Consumo di energia primaria per fonte dal 2010 al 2020 e proiezioni fino al 2050**



Fonte: EIA, 2021.

*Fig. 8 - Consumo di energia primaria per combustibile (in  $BTU \times 10^{15}$ ): storico dal 2010 al 2020, proiezioni dal 2021 al 2050*

È evidente che gli andamenti estremamente differenziati della domanda di energia per le diverse fonti, presentati nei diversi scenari, non ci permettono di dedurre con certezza se la domanda di combustibili fossili continuerà a crescere (come probabile). Non sappiamo quando le rinnovabili avranno la capacità produttiva per sostituire i combustibili fossili; non sappiamo se il nucleare, prima in decrescita ma, negli anni più recenti, nuovamente in crescita, invertirà la rotta o meno; non sappiamo se e quando altre fonti di energia primaria e secondaria assumeranno un ruolo nella transizione energetica. Non sappiamo neanche se e per quanto tempo ancora crescerà la domanda di energia e in quale misura. Perché la transizione possa realizzarsi entro il 2050, è necessario che la domanda totale di energia, che è ancora tendenzialmente crescente, si pieghi e rallenti o cali. Bisogna, dunque, supporre che la curva crescente della domanda si trasformi in una logistica e poi cominci anche a piegarsi verso il basso. Ovviamente è importante il livello cui la domanda si assesterà: più crescerà, maggiori saranno i problemi legati alla transizione; prima si assesterà o calerà e più velocemente e con meno impatti (ambientali e sociali) arriveremo alla transizione.

6. CONCLUSIONI. – In un incontro organizzato a marzo 2021 da CERA e IHS Markit<sup>16</sup>, Bernard Looney, amministratore delegato di BP, ha affermato che è il momento, anche per una società petrolifera come la sua, di abbracciare le rinnovabili e di cominciare a pensare a loro come a un'opportunità e non come una minaccia al *core business* della propria azienda (Kennedy, 2021). È sicuramente un forte segnale per la transizione energetica. L'analisi degli scenari ci ha però mostrato come petrolio, gas e carbone potrebbero avere davanti ancora una lunga vita, nonostante i buoni propositi.

Perché avvenga, la transizione energetica deve necessariamente determinare un picco della domanda di combustibili fossili, poiché questi ultimi vengono sostituiti progressivamente da fonti alternative rinnovabili, per coprire la domanda totale di energia primaria. La transizione paradigmatica dal picco dell'offerta al picco della domanda di combustibili fossili è, però, un inutile esercizio di stile se non cambiano le basi del nostro sistema economico. Se la domanda di energia primaria dovesse continuare a crescere, infatti, si andrebbe incontro alla necessità di una crescita dell'offerta e ciò produrrebbe – se l'offerta delle rinnovabili crescesse più lentamente della domanda di energia primaria – un mancato picco della domanda di combustibili fossili e una ripresa dei loro consumi.

<sup>16</sup> <https://ceraweek.com/program/sessiondetail.html?sid=3522&tsid=802204>. Le affermazioni di Looney sono state fatte durante il CERAWEEK, un incontro annuale che si svolge a Houston (USA) sui temi dell'energia. Il CERAWEEK è organizzato dal Cambridge Energy Research Associates, di proprietà della IHS Markit, una nota società di fornitura di dati e informazioni sull'energia.

In compenso, il petrolio ha un punto debole: l'estrema volatilità del suo prezzo, che, se da una parte stimola le scommesse in borsa, dall'altra può indurre a ritenere che non sia pienamente affidabile. È il prezzo del petrolio che, se alto, permette di far crescere l'offerta; ma se cresce l'offerta e comincia a scricchiolare il controllo oligopolistico del mercato (l'ingresso di nuovi produttori potrebbe portare a questo, come è accaduto col *tight oil* statunitense), il prezzo può calare. D'altro canto, il prezzo alto del petrolio può determinare la crescita di investimenti in fonti rinnovabili. E tale crescita potrebbe innescare il fenomeno del "paradosso verde" (Jensen *et al.*, 2015; Sinn, 2015), cioè una crescita della produzione di combustibili fossili anche con prezzi bassi, innescata dal timore dei paesi produttori di rimanere in possesso di riserve inutilizzabili, rese degli *stranded assets*, beni senza valore sepolti nel sottosuolo, dalla crescita delle fonti rinnovabili. Cosa che necessariamente, se mai dovesse avvenire, renderebbe del tutto vani gli sforzi precedenti di avviare una transizione energetica e di ridurre le emissioni di gas serra.

La transizione alle rinnovabili sarà, comunque, problematica se non riuscirà a superare tre ostacoli: 1) garantire una capacità produttiva tale da poter sostituire le fonti tradizionali non rinnovabili (fossili, nucleare); 2) garantire la continuità energetica e la copertura del picco di domanda giornaliero (questo sarà possibile quando saranno disponibili accumulatori economici e in grado di immagazzinare energia sull'ordine di diverse decine di MWh; 3) sostituire il petrolio nei trasporti, visto che la quasi totalità degli autoveicoli, delle navi e degli aeromobili utilizzano motori a combustione interna, che utilizzano derivati da idrocarburi.

Raggiungere il picco della domanda di combustibili fossili non significa che diventerebbero improvvisamente *stranded assets*. Al contrario – gli scenari ce lo mostrano – avranno ancora a lungo un ruolo importante nella copertura della domanda di energia.

## **Bibliografia**

- Adelman M.A. (1989). *The Economics of Oil and Gas Depletion*. Panel on *Resource Assessment*, American Statistical Association. Washington D.C.: American Statistical Association.
- Id. (1992). Oil Resource Wealth of the Middle East. *Energy Studies Review*, 4(1): 7-22.
- Id. (1993). *The Economics of Petroleum Supply: Papers 1962-1993*. Cambridge MA: The MIT Press.
- Id. (1998). *Crude oil supply curves*, WP98-008, Center for Energy and Environmental Policy Research. Cambridge MA: Massachusetts Institute of Technology.
- Aichberger C., Jungmeier G. (2020). Environmental Life Cycle Impacts of Automotive Batteries Based on a Literature Review. *Energies*, 13, n. 23: 6345. DOI: 10.3390/en13236345.

- Asmus P. (2001). *Reaping the Wind*. Washington: Island Press.
- Bagliani M., Dansero E., Puttilli M. (2010). Sostenibilità territoriali e fonti rinnovabili. Un modello interpretativo. *Rivista geografica italiana*, 109(3): 291-316.
- Id., Pietta A., Bonaiuti S. (2019). *Il cambiamento climatico in prospettiva geografica. Aspetti fisici, impatti, politiche*. Bologna: Il Mulino.
- Bardi U. (2019). Peak oil, 20 years later: Failed prediction or useful insight? *Energy Research & Social Science*, 48: 257-261. DOI: 10.1016/j.erss.2018.09.022
- Barros N. et al. (2011). Carbon emission from hydroelectric reservoirs linked to reservoir age and latitude. *Nature Geoscience*, 4(9): 593-596. DOI: 10.1038/ngeo1211
- Battisti G. (2009). Quale transizione energetica? Il ruolo delle fonti alternative. *Est-Ovest*, 40(3): 1-15.
- Bellezza G. (1980). I problemi dell'energia. In: Corna Pellegrini G., Brusa C., *La ricerca geografica in Italia 1960-1980*. Varese: ASK Edizioni.
- Bencardino F. (2020). Introduzione. Geografia ed energia: un rapporto tra tradizione, ricerca e innovazione. In: Società Geografica Italiana, cit.
- Bloomberg (2020). *New energy Outlook*. BloombergNEF, s.l., 2020.
- Bocca R. (2020). As coronavirus shocks the energy sector and economy, is now the time for a new energy order? *World Economic forum*, weforum.org, 20 aprile.
- BP (2019a). *Energy Outlook 2019*. Londra: BP p.l.c.
- Id. (2019b). BP plans for significant growth in deepwater Gulf of Mexico. *BP*, bp.com, 8 gennaio.
- Id. (2020a). *Statistical Review of World Energy 2020*. Londra: BP p.l.c.
- Id. (2020b). *Energy Outlook 2020*. Londra: BP p.l.c.
- Id. (2021). *Statistical Review of World Energy 2021*. Londra: BP p.l.c.
- Briffaud S., Ferrario V. (2015). Ricollegare energia e territorio: il paesaggio come intermediario. Alcune riflessioni a partire dai risultati del progetto Ressources. In: Castiglioni B., Parascandolo F., Tanca M. (a cura di), *Landscape as a mediator, landscape as a common Prospettive internazionali di ricerca sul paesaggio*. Padova: Cleup.
- Calvert K. (2015). From 'energy geography' to 'energy geographies': Perspectives on a fertile academic borderland. *Progress in Human Geography*, 40(1): 105-125. DOI: 10.1177/0309132514566343
- Chiabrando R., Fabrizio E., Garnero G. (2009). The territorial and landscape impacts of photovoltaic systems: definition of impacts and assessment of the glare risk. *Renewable Sustainable Energy Review*, 13: 2441-2451. DOI: 10.1016/j.rser.2009.06.008
- Codato D., Pappalardo S.E., Diantini A., Ferrarese F., Gianoli F., De Marchi M. (2019). Oil production, biodiversity conservation and indigenous territories: Towards geographical criteria for unburnable carbon areas in the Amazon rainforest. *Applied Geography*, n. 102: 28-38. DOI: 10.1016/j.apgeog.2018.12.001
- Colin A., Vailles C., Hubert R. (2019). *Understanding transition scenarios*. s.l.: I4CE-Institute for Climate Economics.
- Crooks E. (2020). What the coronavirus means for the energy transition. *Wood Mackenzie*, woodmac.com, 29 settembre.
- Dale S., Fattouth B. (2018). *Peak Oil Demand and Long-Run Oil Prices*. Oxford: University of Oxford, Oxford Institute for Energy Studies.

- Dansero E., Puttilli M. (2009). Paesaggio e fonti energetiche rinnovabili. Tra vulnerabilità e opportunità di sviluppo. In: Mautone M., Ronza M., a cura di, *Patrimonio culturale e paesaggio. Un approccio di filiera per la progettualità territoriale*. Roma: Gangemi.
- Dasgupta P.S., Heal G. (1974). The Optimal Depletion of Exhaustible Resources. *The Review of Economic Studies*, 41: 3-28. DOI: 10.2307/2296369
- Id., Id. (1979). *Economic Theory and Exhaustible Resources*. Cambridge: Cambridge University Press.
- de Vincenzo D. (2019). *Lighth Tight Oil* e nuova geografia del petrolio statunitense. *Rivista geografica italiana*, 146(3): 5-32. DOI: 10.3280/RGI2019-003001
- Id. (2020a). *Fine del petrolio o petrolio senza fine?* Padova: Libreria Universitaria Editrice.
- Id. (2020b). Pandemia Covid-19 e crisi petrolifera. *Documenti Geografici*, n. 1 (nuova serie): 185-198. DOI: 10.19246/DOCUGEO2281-7549/202001\_11
- Id. (2020c). Pandemia e possibile declino dei combustibili fossili. *Economia e Ambiente*, 39(1): 23-33.
- Della Pietra M., McPhail S., Turchetti L., Monteleone G. (2020). I 'colori' dell'idrogeno nella transizione energetica. *Energia, Ambiente e Innovazione*, 2. DOI: 10.12910/EAI2020-040
- DNV\_GL (2020). *Energy transition Outlook 2020*. Høvik (Norvegia): DNV GL AS.
- EIA (Energy Information Administration) (2013). *Top 100 U.S. Oil and Gas Fields*. Washington: U.S. Department of Energy.
- Id. (2019). U.S. Federal Gulf of Mexico crude oil production to continue to set records through 2020. *EIA*, eia.gov, 16 ottobre.
- Id. (2020). *International Energy Outlook*. Washington: Energy Information Administration.
- Id. (2021). *International Energy Outlook*. Washington: Energy Information Administration.
- Equinor (2020). *Energy Perspectives 2020*. s.l.: Equinor.
- Ferrario V., Castiglioni B. (2015). Il paesaggio invisibile delle transizioni energetiche. Lo sfruttamento idroelettrico del bacino del Piave. *Bollettino della Società Geografica Italiana*, Serie XIII, Vol. VIII: 531-533.
- Forum (2021). *Covid-19 and the Energy Transition*. Oxford: Oxford Institute for Energy Studies, June.
- Freeman D. et al. (1974) *A Time to Choose. America's Energy Future*. Cambridge MA: Ballinger Publishing Co.
- Georgescu-Roegen N. (1971). *The Entropy Law and the Economic Process*. Cambridge MA: Harvard University Press.
- Goehring L.R., Rozencwajg A.A. (2021). *Ignoring Energy Transition Realities*, Fourth Quarter 2020. Goehring & Rozencwajg Natural Resource Market Commentary.
- Grasso M., Vergine S. (2020). *Tutte le colpe dei petrolieri*. Milano: Piemme.
- Greenpeace (2015). *Energy [R]evolution. A Sustainable World Energy Outlook 2015*. Washington: Greenpeace.
- Grubler A. et al. (2018). A Low Energy Demand Scenario for Meeting the 1.5°C Target and Sustainable Development Goals without Negative Emission Technologies. *Nature Energy*, 3(6): 517-525. DOI: 10.1038/s41560-018-0172-6
- Hicks J.R. (1932), *The Theory of Wages*. Londra: MacMillan (seconda ed. 1963).
- Hotelling H. (1931). The economics of exhaustible resources. *Journal of Political Economy*, 39(2): 137-175. DOI: 10.1086/254195

- Hubbert M.K. (1949). Energy from Fossil Fuels. *Science*, 109, n. 2823: 103-108. DOI: 10.1126/science.109.2823.103
- Id. (1959). *Techniques of Prediction with Application to the Petroleum Industry*. Houston: Shell Development Company.
- IEA (2020a). *World Energy Outlook*. Parigi: International Energy Agency.
- Id. (2020b). *World Energy Model*. Parigi: International Energy Agency.
- Id. (2020c). Investment estimates for 2020 continue to point to a record slump in spending. *EIA*, [iea.org](http://iea.org), 23 ottobre.
- Id. (2021a). Covid-19 Impact on Electricity. *International Energy Agency, IEA*, [iea.org](http://iea.org), gennaio.
- Id. (2021b). Oil market report – February 2021, *International Energy Agency, IEA*, [iea.org](http://iea.org), febbraio.
- IEEJ (2019). *Outlook 2020*. s.l.: The Institute of Energy Economics Japan.
- IPCC (2019). *Global Warming 1.5C*. s.l.: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IRENA (2020a). *Scenarios for the Energy Transition*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency.
- Id. (2020b). *Renewable Power Generation Costs in 2019*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency.
- Id. (2020c). *Global Renewable Outlook*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency.
- Jevons W.S. (1865). *The Coal Question. An Inquiry concerning the Progress of the Nation, and the Probable Exhaustion of our Coal-mines*. London: MacMillan.
- Kaufmann R.K. (2014). The End of Cheap Oil: Economic, Social, and Political Change in the US and Former Soviet Union. *Energies*, 7: 6225-6241. DOI: 10.3390/en7106225
- Id., Cleveland C.J. (2001). Oil production in the lower 48 states: economic, geological and institutional determinants. *The Energy Journal*, 22: 27-49. DOI: 10.2307/41322906
- Id., Shiers L.D. (2008). Alternatives to conventional crude oil: When, how quickly, and market driven? *Ecological Economics*, n. 67: 405-411. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2007.12.023
- Kendall H.W., Nadis S.J. (1980). *Energy Strategy toward a Solar Future*. Cambridge MA: Ballinger Publishing Co.
- Kennedy C. (2021). Big Oil clashes over fossil fuels future. *Oilprice*, [oilprice.com](http://oilprice.com), 2 marzo.
- Jensen S., Mohlinsky K., Pittelz K., Sterner T. (2015). An Introduction to the Green Paradox: The Unintended Consequences of Climate Policies. *Review of Environmental Economics and Policy*, 9(2): 246-265.
- Lazard (2020). *Levelized cost of energy analysis - version 14.0*, *Lazard*, [lazard.com](http://lazard.com), ottobre.
- Lee J. (2020). Covid-19 Is Big Oil's Asteroid Strike. *Bloomberg*, [Bloomberg.com](http://Bloomberg.com), 11 ottobre.
- Levy A. (2000). *From Hotelling to Backstop Technology*, Working Paper 00-04, Department of Economics, University of Wollongong.
- Lynch M.C. (2016). *The Peak Oil Scare and the Coming Oil Flood* (presentazione di L. Maugeri). Santa Barbara CA: Praeger.
- Malthus T.R. (1777). *Saggio sul principio di popolazione*. Torino: Einaudi (ed. orig. 1798).
- Marchetti C., Nakicenovic N. (1979). *The Dynamics of Energy Systems and the Logistic Substitution Model*. Laxenburg: International Institute for Applied Analysis.

- Mauro G. (2019). The new 'windscares' in the time of energy transition. A comparison of ten European countries. *Applied Geography*, n. 109: 1-15. DOI: 10.1016/j.apgeog.2019.102041
- Id., Lughì V. (2017). Mapping land use impact of photovoltaic farms via crowdsourcing in the Province of Lecce (Southeastern Italy), *Solar Energy*, n. 155: 434-444. DOI: 10.1016/j.solener.2017.06.046
- Mendonça *et al.* (2012). Greenhouse Gas Emissions from Hydroelectric Reservoirs: What Knowledge Do We Have and What is Lacking?, in Guoxiang Liu (a cura di), *Greenhouse Gases – Emission, Measurement and Management*. s.l.: IntechOpen.
- Newell G.R., Raimi D., Villanueva S., Prest B. (2012). Global Energy Outlook 2020: Energy Transition or Energy Addition? With Commentary on Implications of the Covid-19 Pandemic. *Resources for the Future*. rff.org
- Nordhaus W.D. (1973). The Allocation of Energy Resources. *Brookings Papers on Economic Activity*, 3: 529-570.
- Pitchers C (2020). "Fossil fuels still needed during green transition", top EU official says, *Euronews*, euronews.com, 22 ottobre.
- Puttilli M. (2009). Per un approccio geografico alla transizione energetica. Le vocazioni energetiche territoriali. *Bollettino della Società Geografica Italiana*, serie XIII, vol. II, 3: 601-616.
- Id. (2014). *Geografia delle fonti rinnovabili*. Milano: FrancoAngeli.
- Rystad Energy (2020a). Global E&P players may invest \$380 billion in 2021, but about 20% is at risk. *Rystad Energy*, rystadenergy.com, 20 novembre.
- Id. (2020b). Covid-19 and energy transition will expedite peak oil demand to 2028 and cut level to 102 million bpd. *Rystad Energy*, rystadenergy.com, 2 novembre.
- Id. (2021). *Covid-19 Report – February 2021. Global outbreak overview and its impact on the energy sector*. Oslo: Rystad Energy.
- Roncaglia R. (2006). Il prezzo dell'energia condizionato da fattori politici e strategici. *Global Competition*, n. 3, aprile: 17-24.
- Ruggiero L. (2015). Il ruolo degli idrocarburi negli scenari geopolitici della sicurezza energetica euro-mediterranea dopo la 'primavera araba'. *Rivista geografica italiana*, 122(1): 51-66
- Scarpelli L. (2014). La ricerca della geografia italiana sull'ambiente e la visione pragmatica di Giorgio Spinelli. In: Celant A., Morelli P., Scarpelli L. (a cura di), *Le categorie geografiche di Giorgio Spinelli*. Bologna: Pàtron.
- Sinn H.W. (2015). *The Green Paradox: A Supply-side View of the Climate Problem*, Cesifo Working Paper No. 5385, Giugno.
- Società Geografica Italiana (2020). *XIV Rapporto Energia e Territorio. Per una geografia dei paesaggi energetici italiani*. Roma: Società Geografica Italiana.
- Solé J. *et al.* (2020). Modelling the renewable transition: Scenarios and pathways for a decarbonized future using pymedeas, a new open-source energy systems model. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, n. 132: 1-13. DOI: 10.1016/j.rser.2020.110105
- Solomon B.D., Krishna K. (2011), The coming sustainable energy transition: History, strategies, and outlook. *Energy Policy*, 39: 7422-7431. DOI: 10.1016/j.enpol.2011.09.009

- Spinelli G. (1969). *Il carbone statunitense nel mercato della CEE*. Roma: Istituto di Geografia Economica della Facoltà di Economia dell'Università di Roma.
- Id. (1970). Il petrolio dell'Alasca. *Geografia Economica*, 1-2: 51-58.
- Id. (1975). Alcune osservazioni geografico-economiche a proposito della recente crisi petrolifera. *Notiziario di Geografia Economica*, 6(1-2): 29-35.
- Id. (1977). L'ecosistema mondiale: riflessioni geografico-economiche sulla formulazione di un Sistema regionalizzato. *Notiziario di Geografia Economica*, 8(3-4): 16-24.
- Tsiropoulos I., Nijs W., Tarvydas D., Ruiz Castello P. (2020). *Towards net-zero emissions in the EU energy system by 2050*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- UNCTAD (2020). *Commodities at a glance. Special issue on strategic battery raw material*. Ginevra: United Nations Conference on Trade and Development-UNCTAD.
- Valentine S.V., Brown M.A., Sovacool B.K. (2019). *Empowering the Great Energy Transition: Policy for a Low-Carbon Future*. New York: Columbia University Press. DOI: 10.7312/vale18596
- Watkins G.C., Streifel S.S. (1996). *World Crude Oil Resources: Evidence from Estimating Supply Functions for 41 Countries*. Washington: World Bank.
- WEC (2019). *World Energy Trilemma Index*. London: World Energy Council.

