

Attualità

“NULLA SI CREA, NULLA SI DISTRUGGE, TUTTO SI TRASFORMA”* E LA TRANSIZIONE ENERGETICA

Paolo Zanirato

paolo.zanirato@unibo.it

Una rapida stima delle incidenze ecoambientali ed energetiche nell'antropocene. Errori commessi nell'utilizzo esclusivo dei fossili e del nucleare, per il soddisfacimento dei beni primari, possono essere mitigati con importanti transizioni energetiche, investimenti su fonti rinnovabili e migliore razionalizzazione territoriale (diversificazione ed integrazione) delle fonti energetiche.



“Nothing is created, nothing is destroyed, everything is transformed” and the energy transition

A quick estimate of incidences eco-environmental in the anthropocene. Mistakes made with the exclusive use of fossils and nuclear, for the satisfaction of primary goods, can be mitigate with the contemporary introduction of renewable sources and innovative technology applied to important financial energy transitions.

La legge della conservazione della massa, o di Lavoisier, è una delle leggi più ricorrenti in tutti i campi delle scienze dinamiche, eppure spesso si sottovaluta l'enorme importanza fattuale di una reazione nella quale la materia cambia le sue proprietà trasformandosi. In modo particolare quando applicata ad importanti transizioni eco-ambientali; per esempio l'utilizzo dei fossili (carbone, petrolio e gas) come fonti termo-energetiche, oppure lo studio e l'applicazione di altre fonti in loro sostituzione (nucleare, rinnovabili, tecnologie elettrochimiche).

Paesi e/o compagnie fornitori di petrolio e derivati (OPEC) sono stati determinanti dopo la seconda guerra mondiale [1] nella regolazione del costo del greggio o dell'approvvigionamento delle materie prime - recuperandole a basso costo da madre natura - e immettendole nel mercato dell'energia. Poiché nell'antropocene - nel gennaio 2022 la popolazione mondiale ha raggiunto 8 Mld di persone e, se la progressione sarà mantenuta, nel 2050 è prevista una crescita a 9,8 Mld [2] - l'acquisizione delle fonti energetiche - soprattutto la termica e il movimento (trasporto) - così come quelle dell'alimentazione, che sono le due necessità umane

* L'enunciato è ascrivito ad Antoine-Laurent Lavoisier, chimico e fisico francese vissuto dal 1743 al 1794, ma le origini sono presumibilmente attribuibili ad alchimici greci. Alla sua famiglia è dedicata la mostra temporanea «I signori de Lavoisier» allestita al Magmax (Museo Astense di Geologia, Mineralogia, Arte Mineraria, Cristallografia) di Corso Alfieri 360, Asti.

primarie - saranno sempre più necessarie e l'alleanza ed il conflitto tra uomo e natura sarà ancora maggiore e in grado di cambiare in modo radicale la morfologia del pianeta terra.

La rinuncia al carbone intorno al 1965 da parte dei Paesi industrializzati, o quantomeno la sua radicale diminuzione, oltre al beneficio della pulizia delle città e dei polmoni umani, ha contribuito allo sviluppo dell'impiego del nucleare come fonte energetica, che in contrapposizione, ha generato il problema sia della gestione dei reattori, sia quello della denuclearizzazione delle scorie [3]. Sono noti alcuni disastri, che rendono *un problema fondamentale* la distruzione dei siti contaminati e hanno orientato negativamente l'opinione pubblica nei confronti di questa fonte energetica [4]. La Francia - che assieme all'Italia ed alla Germania sono tra i 197 Paesi che hanno firmato l'ultimo patto sui cambiamenti climatici di Glasgow del 2021 [5] - è rimasto il solo Paese industrializzato quasi esclusivamente dipendente dal nucleare come fonte energetica. La Germania, per decisione governativa ed industriale nel 2000, e l'Italia, con referendum abrogativo del 1987, hanno abbandonato l'energia nucleare.

Il difficile equilibrio della ripresa economica del dopo pandemia Covid-19, la transizione



geopolitica, i cambiamenti climatici, la crisi ambientale unitamente alla crisi politico-bellica in Ucraina hanno contribuito al ripensamento anche sull'uso indiscriminato delle fonti energetiche fossili. Tra le nazioni più attive è la Cina che nel 2022 aumenterà del 6% la sua produzione di carbone, mentre in controtendenza fonti indiane indicano, entro il 2030, in ca. 5 Mln di tonnellate la produzione di H₂ da fonti rinnovabili con la

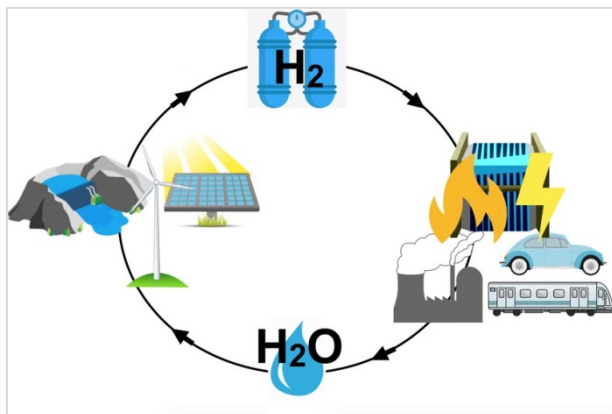
'Strategia nazionale dell'idrogeno verde' [5].

In Italia, il cui fabbisogno energetico è importato per il 73%, la domanda di energia nel 2020 si è ridotta del 9%, ma con un leggero incremento sia del gas, sia delle rinnovabili rispetto alle altre fonti. Nel dettaglio l'Italia supplisce l'energia con il 40% di gas naturale, il 33% di petrolio ed il 20% da fonti rinnovabili (RES, Renewable Energy Sources), mentre il petrolio ha subito un calo pesante [6]. Report annuali dedicano approfonditi studi ai rischi delle variazioni climatiche incluso il risvolto economico per unità energetica.

La transizione ecologica [7] promo(/e)ssa a Glasgow, Cop 26, le decisioni sulla mitigazione dei valori dei cambiamenti climatici, unitamente ad altre questioni non chiare, ha prodotto un costo più elevato dei carburanti [8.] In un recente articolo su *Chemistry World* della RSC, Angeli Mehta [9] rivela da parte delle varie industrie dell'Opec la promessa di una riduzione delle emissioni inquinanti. Gli aspetti negativi prodotti dalla combustione dei fossili possono essere superati parzialmente con la ricerca e l'innovazione; ad esempio una discreta decarbonizzazione è stata recentemente raggiunta sia con l'introduzione di filtri, sia via reazione chimica con derivati amminici per la produzione di fito-farmaci e altro [10]. Ciò, unitamente al costo per unità energetica mantenuto accessibile e la disposizione di gasdotti e rigassificatori permetterebbe un periodo di transizione con la parziale copertura del fabbisogno energetico del 40% da gas liquido. La diversificazione delle fonti rinnovabili (eolico, solare, idraulico, geotermico, biomasse) - oltre a queste sono allo studio altre soluzioni innovative (trazione elettrica, idrogeno, fotovoltaico (Building Integrated PhotoVoltaics, BIPV), elettrochimica) - contribuirebbe a controllare il costo per unità energetica (ue). La trazione elettrica, con il miglioramento delle prestazioni, ha raggiunto discrete quote nel mercato dell'automobile (saranno presto sul mercato batterie elettriche con 1200 km di autonomia) mentre nuovi orizzonti si stanno aprendo con l'introduzione delle tecniche elettrochimiche e, in particolare, l'impiego dell'idrogeno come propellente (oro bianco in contrapposizione al petrolio oro nero) [11].

La combinazione di queste fonti energetiche, oggi utilizzata in maniera caotica, avrebbe un grande vantaggio economico: la combustione di un kg di idrogeno produce 125.000 kJ di energia termica *versus* i 44.000 kJ di 1 kg di benzina [10], secondo l'Agenzia Internazionale dell'Energia il costo di produzione di H₂ da combustibili fossili è da ca. 1 €/kg a 2,7 €/kg (in energia da 30 a 71 €/MWh) in funzione dei costi locali e dell'eventuale cattura della CO₂ prodotta (IEA, apr. 2021).

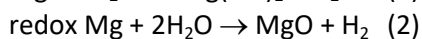
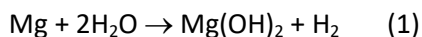
L'impiego dell'idrogeno è controllato dall'industria petrolifera e da quelle della produzione di



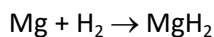
ammoniaca, del metanolo dell'acciaio e della propulsione di navicelle spaziali, tuttavia i tempi sono maturi - sfruttando l'attuale momento di crisi politica ed economica internazionale-perché l'idrogeno occupi il suo fondamentale ruolo di accessibile, sicura e pulita fonte energetica. Come il gas naturale (LNG) - con qualche adattamento per la maggiore fugacità - l'idrogeno può essere trasportato mediante condotte ridimensionate rispetto a quelle del gas fossile o allo stato liquido, via nave e può

essere trasformato in elettricità, metano ed ammoniaca sia per uso domestico, sia per l'industria in genere o come propellente per automobili, tir, navi ed aerei. Secondo la IEA il costo di produzione dell'idrogeno da elettricità rinnovabile potrebbe diminuire del 30% entro il 2030, per declino del costo delle materie prime e l'incremento della sua produzione; fuel cell, elettrolisi, per la produzione di idrogeno per elettrolisi fotochimica dell'acqua ed altre tecnologie innovative di cui possono beneficiare le industrie manifatturiere soprattutto se organizzate per zone industriali (steam reforming da metano, idrogeno blu, o per gassificazione di biomasse o rifiuti, idrogeno verde).

Una recente ricerca innovativa è rappresentata dall'introduzione del magnesio nella filiera produttiva dell'idrogeno [12]. Il magnesio è uno degli elementi più abbondanti sulla terra e nel mare - la Cina estrae il 90% del magnesio mondiale - da cui si ottiene prevalentemente per elettrolisi fotovoltaica del cloruro di magnesio (MgCl₂); il metallo così ottenuto sotto forma di polvere finissima reagisce esotermicamente con acqua (sopra i 350 °C, 5-6 atm di pressione) secondo l'equazione (1) o l'equazione redox (2) per dare idrogeno, un processo integrativo zero carbonio unitamente al solare ed all'eolico:



L'elevata fugacità dell'idrogeno può essere mitigata per compressione (30 °C e 500 bar) o trasformazione in liquido criogenico (-253 °C) - entrambi i processi comportano consumi elevati di energia - o per via chimica mediante l'impiego di idruri metallici LiNH₂, NaAlH₄, LaNi₅H₆. Tra questi, l'idrogenazione del magnesio, in presenza del catalizzatore (MgI₂), o mediante idrolisi ultrasonica per formare idruro di magnesio è preferita per l'economicità, sicurezza ed efficienza:



L'idruro di magnesio, sotto forma di *Powerpaste* [13], contiene circa il 7,6% di idrogeno che, a contatto con acqua, viene rilasciato allo stato gassoso puro risultando l'intero processo particolarmente competitivo nel campo della ricarica energetica compresa tra 100 W e 10 kW e/o per impiego domestico. Questo settore è in fase di studio e ricerca avanzata, presumibilmente entro il 2035 potrà dare il suo contributo alla realizzazione di una nuova integrativa fonte energetica-più economica, pulita ed ecocompatibile-rispetto alle fonti fossili [14].

Bibliografia

- [1] <https://www.treccani.it/enciclopedia/petrolio/>
- [2] Stime esperti UN; Dep. of Econ. and Social Affairs, 2019; www.un-library.org/content/periodicals/24118370.
- [3] Jeffrey Sachs, Il Sole 24 ore: <https://www.amp24.ilsole24ore.com/>; https://www.ilsole24ore.com/art/denuclearizzazione-si-ma-tuttiAEaAPmmE?refresh_ce=1
- [4] <https://frontierenews.it/2011/06/le-5-catastrofi-nucleari-piu-gravi-della-storia/>
- [5] <https://www.rinnovabili.it/energia/idrogeno/idrogeno-verde-india/>.
- [6] <https://www.mite.gov.it/>. Italy draft national energy and climate plan Brussels, 2019
- [7] <https://www.regioneambiente.it/situazione-energetica-2020/>.
- [8] <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-glasgow-climate-pact-key-outcomes-from-cop26/>
- [9] <https://www.chemistryworld.com/news/oil-and-gas-industry-emissions-reduction-pledges-under-scrutiny/4014721.article/>
- [10] https://www.enea.it/it/Ricerca_sviluppo/documenti/ricerca-di-sistema-elettrico/adp-mise-\enea-2015-2017/combustibili-fossili-e-ccs/rds_par2015-240.pdf/; G. Calì, F. Tedde, D. Marotto (Sotacarbo), P. Deiana, C. Bassano, M. Subrizi (ENEA), Cattura della CO₂ in pre e post-combustione: attività in impianto, 2016; P. Lanzafame, G. Centi, S. Perathoner, *Chem. Soc. Rev.*, 2014, **43**, 7562.
- [11] <https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen/>; <https://astrolabio.amicidellaterra.it/node/2350/>; A. Clerici, S. Furfari, Il costo dell'idrogeno verde, 2022, <https://astrolabio.amicidellaterra.it/node/2350/>; La Commissione Europea (CE) ha pubblicato nel 2020 il documento «A Hydrogen strategy for a climate-neutral Europe» dove si pone l'obiettivo strategico per l'UE di installare almeno 6 GW di elettrolizzatori entro il 2024 e di avere al 2030 "40 GW di elettrolizzatori per produrre 10 milioni di tonnellate di idrogeno verde" (333 TWh). Sono previsti ulteriori 40 GW di H₂ da importare. Sono, inoltre menzionati "investimenti di 25-40 miliardi di euro per i soli elettrolizzatori più centinaia di miliardi per impianti RES dedicati"; A. Abbotto, Tutti i colori dell'energia, Edizioni Dedalo, 2021; A. Pozio, S. Galli, *La Chimica e l'Industria online*, 2022, **1**, 42.
- [12] H. Uesugi, T. Sugiyama, I. Nakatsugawa, Production of Hydrogen Storage Material MgH₂ and its Applications; <https://www.hielscher.com/it/magnesium-hydride-synthesis-via-hydrolysis.htm>
- [13] https://www.researchgate.net/publication/331929208_PowerPaste_for_offgrid_power_supply/; https://en.m.wikipedia.org/wiki/Hydrogen_storage/; S.S. Zumdahl, Formula di magnesio idruro, struttura chimica e proprietà, *britannica.com*, PubChem. (2005), <https://it.thpanorama.com/blog/ciencia/hidruro-de-magnesio-frmula-estructura-qumica-y-propiedades.html/>
- [14] J. Carbeck, Green hydrogen could fill big gaps in renewable energy, A zero-carbon supplement to wind and solar, *Scientific American*, 2020, <https://www.scientificamerican.com/author/jeff-carbeck/>; China aims to put one million hydrogen fuel-cell vehicles on the road by 2030. Similar projects are underway in South Korea, Malaysia, Norway and the U.S., where the state of California is working to phase out fossil-fuel buses by 2040. And the European Commission's recently published 2030 hydrogen strategy calls for increasing hydrogen capacity from 0.1 gigawatt today to 500 gigawatts by 2050. All of which is why, earlier this year, Goldman Sachs predicted that green hydrogen will become a \$12-trillion market by 2050. <https://www.unismart.it/ctl-safe-hydrogen-distribution-application/>