



L'EROI delle compagnie petrolifere

Questa è la sintesi in italiano di un articolo pubblicato da nostri soci (Celi, L., Della Volpe, C., Pardi, L. et al. *Biophys Econ Resour Qual* (2018) 3: 15. <https://doi.org/10.1007/s41247-018-0048-1>) che propone un nuovo modo, più agevole, per calcolare un indice fondamentale dell'esaurimento globale delle risorse petrolifere: la resa energetica (EROI, Energy Return On Invested, l'energia ottenuta rispetto quella investita). L'aspetto nuovo risiede nella facilità con cui è possibile reperire i dati necessari, tutti pubblicati dalle compagnie petrolifere. In particolare l'energia spesa dalle compagnie può essere dedotta dalle emissioni di CO2 che vengono pubblicate nei Rapporti di Sostenibilità ogni anno. Per chi è interessato al valore di EROI calcolato per ogni compagnia si rimanda alle [appendici pubblicate](#).

Di Luciano Celi, 18/11/2018

Una delle maggiori sfide nel settore energetico è stabilire il valore dell'EROI (acronimo di *Energy Return on Investment*) delle risorse. Questo accade sostanzialmente per il fatto che, pur essendo l'EROI un indice fondamentale per avere un'idea della bontà di una risorsa energetica, non vi è pieno accordo sul suo uso e sui "confini" entro cui fermare l'analisi di pertinenza della fonte analizzata.

Nel caso in cui, invece, si adotti la sua definizione "standard" – indicata semplicemente come il ritorno energetico sull'investimento, senza conteggiare l'energia spesa per infrastrutture e quant'altro – il problema di non facile soluzione può essere il reperimento dei dati, soprattutto quando l'analisi verte sulle fonti fossili e in particolare sul petrolio.

Le compagnie petrolifere, comprensibilmente, non rendono disponibili con facilità i livelli di estrazione giornaliera o annua e neppure l'energia che impiegano per effettuare tale estrazione, così, per determinare indirettamente i valori di EROI delle compagnie abbiamo trovato – Luca Pardi, Claudio Della Volpe, Stefano Siboni e io – una via indiretta per avere queste informazioni.

Le aziende petrolifere sono tenute – soprattutto dai momenti successivi alla conferenza sul clima di Parigi 2015 – a realizzare report annuali di sostenibilità ambientale delle loro attività (SRs, *Sustainability Reports*) e, benché questi non sia strettamente obbligatori, rientrano sempre più in quello che passano sotto il nome di CSR (*Corporate Social Responsibility*, o responsabilità sociale d'impresa).

Come ci si aspetta, molte delle informazioni patinate contenute nei SRs sono puro marketing e, nel migliore dei casi, operazioni di *greenwashing*, grazie alle quali si tenta di migliorare l'immagine dell'azienda stessa: si ricorre a grafiche accattivanti, foto di soli splendenti e natura incontaminata, di investimenti nel sociale e in impianti di energia rinnovabile (fotovoltaico, eolico) e via di seguito.

Quasi sempre però, cercando bene in mezzo alla "cortina fumogena", si trovano le emissioni di gas serra necessarie alla produzione di idrocarburi (petrolio e gas – il dato a volte è aggregato, a volte scorporato e a volte è presente per uno solo dei due) e, quando si è fortunati, anche la produzione stessa per quell'anno.

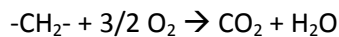
Facendo questa ricerca – che potremmo definire d'archivio, anche se l'archivio sono i siti web delle compagnie – è emerso anche che assieme ai SRs, le compagnie producono ogni anno altri report (chiamati normalmente *Annual Reports*, ARs) che solitamente contengono dati finanziari delle aziende e in molti casi l'altra informazione fondamentale: la produzione annua.

L'idea che sta alla base della determinazione indiretta dell'EROI "aziendale" (che infatti abbiamo definito "corporate" EROI) è quella di immaginare di bruciare tutta la produzione annuale di petrolio e gas di una

data compagnia per determinarne la CO₂ corrispondente (le emissioni non sono di sola CO₂, ma abbiamo supposto fosse così – si veda il paragrafo finale “Approssimazioni necessarie”). Questo – al netto di una necessaria omogeneizzazione delle unità di misura – ci permette in maniera piuttosto agevole di avere il numeratore dell’EROI che vogliamo calcolare. Dai SRs, come detto, si possono evincere i valori di emissioni (anche qui spesso espressi in CO₂ o in CO₂ equivalente). A titolo di esempio, si riporta qui di seguito passo passo il calcolo dell’EROI della Shell.

Calcolo dell’EROI Shell

Come accennato, per semplicità di calcolo abbiamo immaginato che il petrolio sia costituito da una sola lunga catena di CH₂. La reazione base di ossidazione è data da:



Questo significa che possiamo prendere il peso molecolare (PM) del monomero -CH₂- e rapportarlo con quello della molecola di CO₂ prodotta, ottenendo:

$$\text{PM}_{\text{CO}_2} / \text{PM}_{-\text{CH}_2-} = 43.99 / 14.03 = 3.14 \quad [1]$$

Il che ci permette di ottenere (in peso) la quantità di CO₂ corrispondente alla produzione. Al fine di convertire correttamente i valori – forniti normalmente in barili di petrolio (quindi in unità di volume) in peso – è necessario conoscere la densità del petrolio. Nell’appendice 1 dell’articolo (disponibile online all’indirizzo: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs41247-018-0048-1>) abbiamo calcolato il grado API medio mondiale e, da questo appunto la densità media del petrolio data da $\rho = 863.6 \text{ kg/m}^3$.

Fatte queste premesse, calcoliamo i valori di EROI per Shell. Dall’Annual Report sappiamo che questa compagnia nel 2015 ha prodotto $3 \cdot 10^6$ [barili/giorno], così che la massa del petrolio prodotta è:

$$M_{\text{oil}} = 3 \cdot 10^6 \text{ [barili/giorno]} \cdot 365 \text{ [giorni/anno]} \cdot 0.1589 \text{ [m}^3\text{/barile]} \cdot 863.6 \text{ [kg/m}^3\text{]} = 150.26 \cdot 10^9 \text{ [kg/anno]}$$

La produzione annuale corrisponde al valore di CO₂ (emessa direttamente) dato dal coefficiente determinato nell’equazione [1]:

$$M_{\text{CO}_2} = 150.96 \cdot 10^9 \text{ [kg/anno]} \cdot 3.14 = 471.35 \cdot 10^6 \text{ [tonnellate CO}_2\text{/anno]} \quad [2]$$

Dal SR Shell sappiamo inoltre che i valori di emissione diretta si attestano per il 2015 a 72 milioni di CO₂ equivalente e quindi il valore di EROI_{Shell} è:

$$\text{EROI}_{\text{Shell}} = 471.35 \cdot 10^6 \text{ [tons/year]} / 72 \cdot 10^6 \text{ [tons/year]} = 6.55.$$

Determinazione delle compagnie

Le compagnie da analizzare sono state scelte in base al criterio economico dei guadagni (lordi – *revenues*) 2015 (l’elenco è stato preso a questo indirizzo: <https://www.worldatlas.com/articles/biggest-oil-companies-in-the-world.html>), applicando un *cut-off* alle compagnie che condividevano meno dell’1% della quota di mercato. Sono risultate quindi 30 compagnie – le prime cinque delle quali detengono insieme il 34,77% dell’intero mercato petrolifero mondiale:

#	Company	Billions \$	Market share %	
1.	Saudi Aramco	478,00	8,31	34,77
2.	Sinopec	455,50	7,92	
3.	China National Petroleum Corporation	428,62	7,45	
4.	PetroChina	367,98	6,40	
5.	Exxon Mobil	268,90	4,68	
6.	Royal Dutch Shell	265,00	4,61	

7.	Kuwait Petroleum Corporation	251,94	4,38	
8.	BP	222,80	3,88	
9.	Total SA	212,00	3,69	
10.	Lukoil	144,17	2,51	
11.	Eni	131,82	2,29	
12.	Valero Energy	130,84	2,28	
13.	Petrobras	130,00	2,26	
14.	Chevron Corporation	129,90	2,26	
15.	PDVSA	128,44	2,23	
16.	Pemex	117,50	2,04	
17.	National Iranian Oil	110,00	1,91	
18.	Gazprom	106,30	1,85	
19.	Petronas	100,74	1,75	
20.	China National Offshore Oil	98,53	1,71	
21.	Marathon Petroleum	97,81	1,70	
22.	PTT	93,55	1,63	
23.	Rosneft	91,72	1,60	
24.	JX Holdings	90,67	1,58	
25.	Engie	89,64	1,56	
26.	Statoil	82,48	1,43	
27.	Indian Oil Corporation	81,55	1,42	
28.	Sonatrach	76,10	1,32	
29.	Reliance Industries	73,10	1,27	
30.	Pertamina	70,65	1,23	
	Others	623,27	10,84	< 1%
	Total amount >>>>	5.749,52	100,00	

Vantaggi di questo calcolo

Questo calcolo ha un paio di vantaggi che elenco brevemente:

1. È un calcolo che si basa sulla stechiometria e sui risultati della combustione (quindi sull'energia), non utilizzando proxy che rischiano di introdurre *bias* ed errori sistematici nel calcolo stesso. Può sembrare una precisazione superflua, ma è invece necessaria poiché, durante i mesi che ci hanno visto sottoporre l'articolo a diverse riviste, abbiamo avuto scambi di opinioni con altri ricercatori (Victor Court e Florian Fizaine che alla fine del 2017 hanno pubblicato un lavoro enorme in cui hanno calcolato l'EROI di tutte le fonti energetiche, a livello mondiale e "dall'inizio dei tempi", utilizzando però come proxy quello monetario – definito come MROI, *Monetary Return on Investment*) e con referees che hanno in qualche modo insistito su una parte economica del lavoro che non era assolutamente nostra intenzione sviluppare.
2. È un calcolo "inattaccabile": le fonti sono SRs e ARs emessi dalle compagnie petrolifere e scaricati dai loro siti web.

Approssimazioni necessarie

Qui di seguito un elenco delle approssimazioni necessarie che abbiamo fatto per normalizzare e rendere omogenei i valori da calcolare:

1. Non esiste un petrolio nella realtà, ma molti. Le approssimazioni principali sono state realizzate immaginando (1) che il petrolio stesso sia di fatto una lunga catena di metilene (CH₂) e (2) che il



grado API (peso specifico del petrolio rispetto all'acqua) sia omogeneo (ma di questo abbiamo calcolato un valore medio prendendo tutti i tipi di petrolio mondiale e facendone una media pesata – si veda l'appendice 1, disponibile online all'indirizzo:

<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs41247-018-0048-1>).

2. Per comodità abbiamo immaginato che la stragrande maggioranza delle emissioni siano di fatto CO₂, trascurando – da un punto di vista stechiometrico – le altre componenti dei gas serra (NO_x, SO_x, ecc.). È dimostrabile – e nell'articolo lo abbiamo fatto – che il peso percentuale di queste componenti è molto basso e, al fine del calcolo finale dell'EROI, trascurabile.