

# **LE RISORSE FOSSILI NON CONVENZIONALI**

**Alessandro Clerici**

**Chairman 2010-2013 del WEC Study Group**

**World Energy Resources**

**AEIT/FAST – Milano, 9 giugno 2014**

# Premessa

**Negli ultimi anni a livello mondiale nel settore energetico si è assistito ad una “rivoluzione” capitanata dagli Stati Uniti e che va sotto il nome dello “shale gas”, “rivoluzione” fino a poco fa passata abbastanza inosservata in Italia, legata ad importazioni di gas tramite gasdotti e con contratti di lunga durata.**

**Gli Stati Uniti ottengono ormai oltre il 35% dei loro consumi di gas(680 miliardi di metri cubi/anno,12 volte i consumi italiani) dallo “shale gas” e si sono resi indipendenti dalle notevoli importazioni del costoso GNL (gas naturale liquefatto); stanno programmando per il prossimo futuro di diventare esportatori di GNL ed alcuni contratti di forniture sembrano già definiti.**

# Fonti Fossili Mondiali (Dati 2011)

Fonte: World Energy Council, 2013

	CARBONE				PETROLIO				GAS NATURALE			
	Riserve (R)= 891 Gt Consumi (C)= 7,51 Gt Produzione (P) = 7,52 Gt R/P = 118 anni				R= 223 Gt C = 4,15 Gt P = 3,98 Gt R/P = 56 anni				R = 210 Tcm C = 3,37 Tcm P = 3,51 Tcm R/P = 60 anni			
	R (%)	R/P (a)	P (%)	C (%)	R (%)	R/P (a)	P (%)	C (%)	R (%)	R/P (a)	P (%)	C (%)
America Lat. + Car.	2	134	2	0.5	20	116	9	6	3.5	36	6	4
Nord America (US, Canada)	27	209	16	13	13	44	16	26	5	11	26	26
Europa*	31	250	14	17	6	20	17	21	25	55	28	33
Asia Centro-Sud	11	155	9	11	2	27	5	6	15	44	10	7
Asia Est (Cina, Giappone, S. Korea, Taiwan)	13	34	45	52	1	12	5	22	2	28	3	10
Asia Sud-Est + Pacif.	12	130	11	4	1	20	3	6	4	33	7	5
Mena	-	-	-	-	50	79	36	10	41	143	17	13
Africa	4	121	3	2.5	7	47	9	3	4.5	79	4	2

R (%) = Riserve % del totale mondiale  
C (%) = Consumi % del totale mondiale

P (%) = Produzione % del totale mondiale  
R/P (a) = Rapporto riserve su produzione in anni

\*Siberia inclusa

Gas non convenzionale estraibile 500 Tcm

Petrolio non convenzionale estraibile 350 Gt

# **Alcune definizioni per idrocarburi non convenzionali**

Si definiscono “**oil shales**” quelle rocce sedimentarie a grana fine che contengono una gran quantità di materiale organico (kerosen); possono essere usate per **bruciarle direttamente come combustibile** (e l’Estonia ad esempio produce ancora oggi la quasi totalità della sua elettricità dall’oil shale bruciato in speciali caldaie) o per **estrarre combustibili liquidi (shale oil) o in parte gassosi.**

**Nell'oil shale il rapporto tra materiale organico (MO) e materiale minerale (MM) può variare da 1/7 ad 1/3; il materiale organico si decompone a circa 500°C in shale oil e gas.**

**Il carbone si differenzia dall'oil shale avendo un rapporto idrogeno/carbonio più basso ma un rapporto MO/MM quasi pari ad 1.**

**L'uso dell'oil shale si può far risalire al 1600** e dal 1950 ne sono state estratte annualmente da 20 a 45 milioni di tonnellate all'anno per la massima parte in Estonia e con quantità nettamente inferiori in Russia, Cina e Brasile. La Scozia fino al 1935 era stata il più grande e praticamente unico produttore.

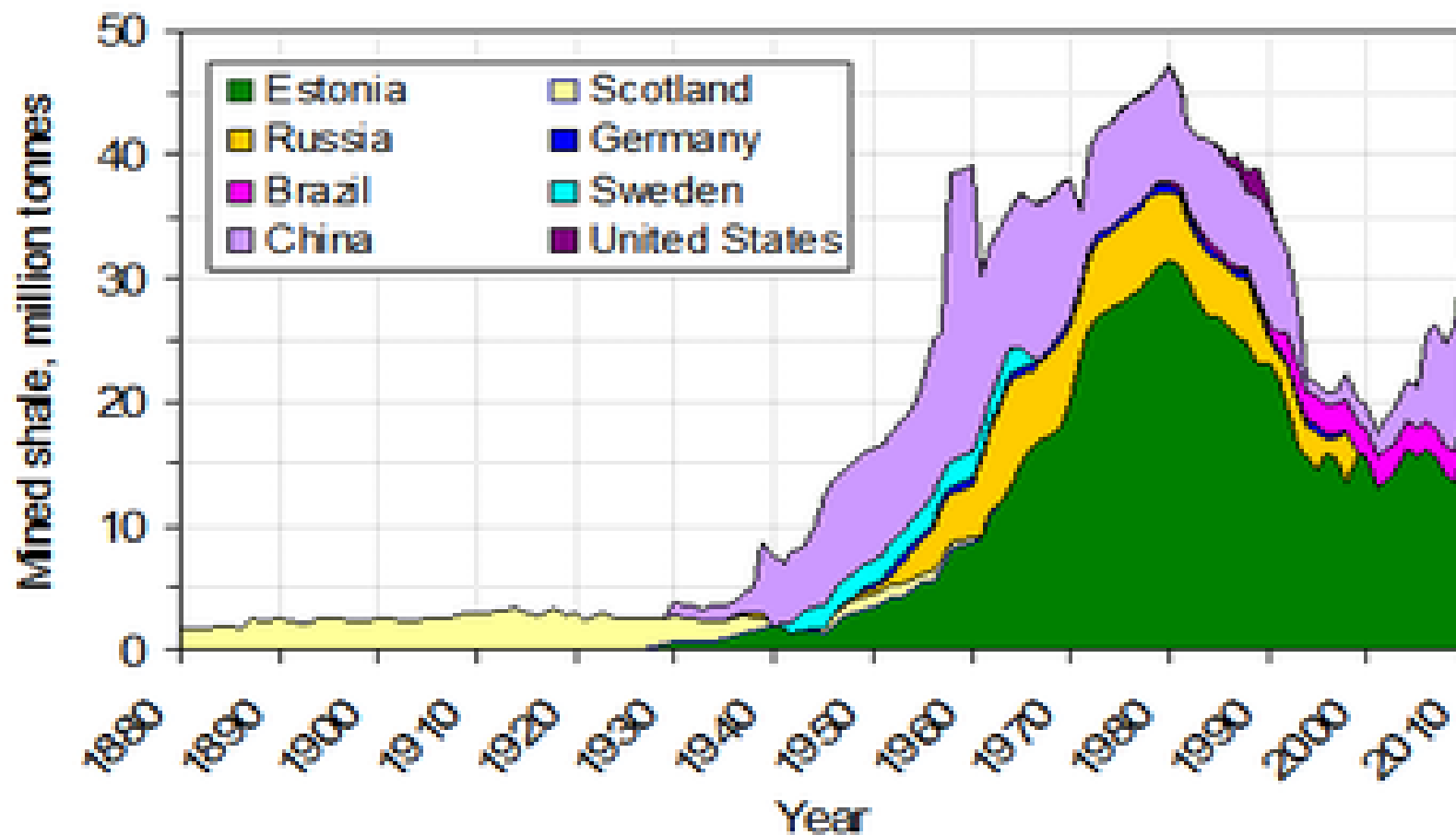


FIG. 1 Produzione mondiale di oil shale in milioni di tonnellate dal 1880 al 2010.  
Source: Pierre Allix, Alan K. Burnha

Considerando che **il contenuto di shale oil è circa 100 l/ton di oil shale**, lo scarso utilizzo dell'oil shale per derivarne petrolio è stato dovuto al fatto della maggior economicità del petrolio convenzionale.

Chiaramente prezzi alti e stabili del petrolio convenzionale rendono conveniente l'estrazione di shale oil

Per quanto riguarda gli **oli extra pesanti (extra heavy oils)** ed il **bitume**, sono contenuti in **giacimenti di petrolio che si sono degradati nel tempo per azione microbiologica** ed hanno raggiunto **una densità superiore** a quella del petrolio convenzionale (1.02-1.04 rispetto a 0.83) ed **una notevolissima viscosità** (1000 volte superiore a quella del petrolio per gli oli extra-pesanti e 30.000 volte superiore per il bitume). **Contengono in maggior proporzione rispetto al petrolio metalli come nickel e vanadio e zolfo e azoto.**

**Gli olii extra-pesanti** si trovano in giacimenti che vanno dal **centinaio di metri di profondità** (Cina, Polonia, Indonesia) ai **1500 metri** (Venezuela, Russia, UK, Israele) ai **3.000 metri** del Perù.

Il **bitume** è contenuto in rocce comunemente chiamate “**tar sands**” o “oil sands” ed è stato utilizzato fin dall’antichità per pavimentazioni; la **profondità dei giacimenti varia da pochi metri** (Cina e Madagascar) a **350 metri** (Canada).

**L'estrazione e l'upgrading degli olii extra-pesanti e del bitume** per il loro trasporto e la trasformazione in prodotti finiti prevede varie tipologie di interventi dove però **acqua, calore, solventi e processi per aumentare il rapporto idrogeno/carbonio** (“carbon rejection” o “hydrogen addition”) sono utilizzati in funzione sia del tipo di “materia prima” disponibile e sia dei prodotti finiti che si vogliono ottenere

Per quanto riguarda lo **“shale gas”**, è gas naturale **contenuto libero nelle microporosità di sedimenti argillosi** (FIG 2) o che è **“attacato”** alla loro superficie; i **giacimenti si trovano tra i 2000 ed i 5000 metri di profondità** e l'estrazione avviene con perforazioni verticali e poi orizzontali (Fig 3) utilizzando **acqua ad alta pressione (“fratturazione idraulica” – “hydraulic fracturing”)** con **additivi chimici** per favorire la fuoriuscita del gas ed **“incanalarlo”** verso la superficie.

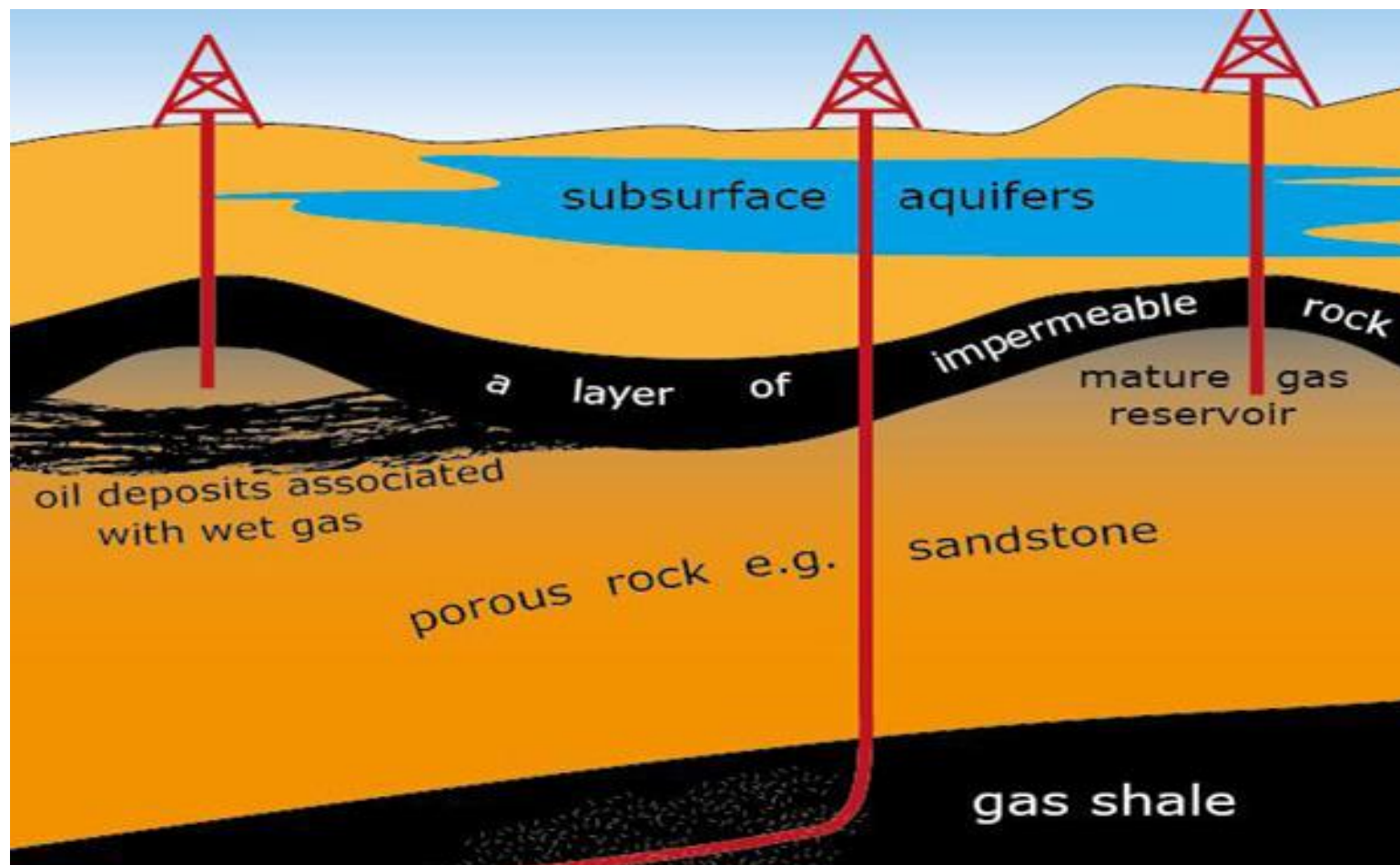


FIG. 2 Illustrazione di giacimenti di shale gas rispetto a giacimenti di differente tipologia

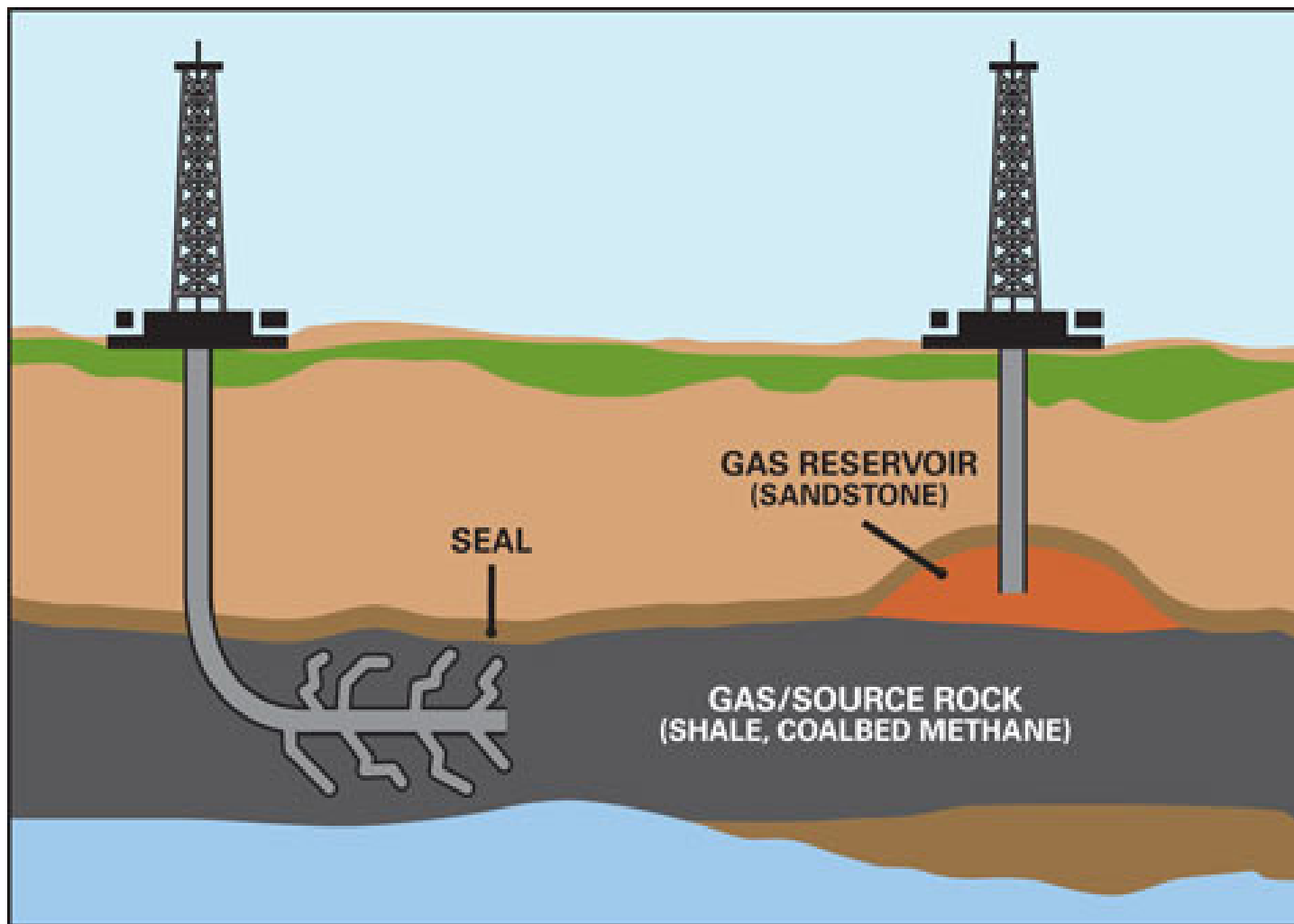


FIG. 3 Tecnologia di estrazione dello shale gas

**Dell'acqua immessa solo il 25% circa  
ritorna in superficie dove, per essere  
riciclata, richiede particolari  
trattamenti.**

Un'altra tecnologia in fase di studio  
prevede il “gas fracturing” con propano  
liquefatto con risparmi di acqua e minori  
pericoli di contaminazione.

**Il recupero del gas contenuto in un giacimento è attualmente intorno al 30% con la necessità di perforare un gran numero di pozzi per ottenerne una produzione economicamente sostenibile.**

# **Le riserve di idrocarburi non convenzionali**

Le riserve mondiali di **oil shale** sono valutate attorno ai **660 miliardi di TEP** (Tonnellate Equivalenti di Petrolio) di contenuto di shale oil, dei **quali circa il 30% tecnicamente estraibile**; risultano quindi circa uguali ai 220 miliardi di TEP delle riserve accertate di petrolio convenzionale.

**I 2/3 delle riserve sono negli Stati Uniti**, seguiti da Russia e Brasile, che congiuntamente hanno una share del 20%.

**La produzione attuale di shale oil da oil shale è di circa 1 milione di tonnellate all'anno**, contro i circa 4 miliardi di tonnellate di petrolio convenzionale.

Le riserve di **bitume** accertate sono valutate con un **contenuto estraibile di petrolio pari a 35 miliardi di TEP dei quali il 70% in Canada**, seguito da Kazakhstan e Russia. I circa 600 giacimenti stimati in 23 nazioni conterrebbero potenzialmente più di 300 miliardi di TEP di **petrolio. La produzione mondiale attuale da tar sands/bitume proviene praticamente dal solo Canada ed è di circa 65 milioni di TEP all'anno** che corrispondono al 45% della totale produzione di petrolio dal Canada

Le riserve accertate di oli extra-pesanti contengono **petrolio estraibile per circa 75 miliardi di TEP delle quali oltre 70 miliardi in Venezuela**. La **produzione** si aggira sui **50 milioni di tonnellate all'anno, praticamente solo in Venezuela**. I giacimenti identificati in 30 paesi conterrebbero potenzialmente petrolio pari a circa 50 volte quello delle riserve accertate ed ancora le maggiori potenzialità sono nella “cintura dell'Orinoco” in Venezuela

**Per lo shale gas le “risky” risorse a livello mondiale sono pari a circa 200 migliaia di miliardi di m<sup>3</sup> suddivisi in 48 bacini in 32 nazioni, non considerando i paesi dell’Africa Centrale oltre a Russia e Medio Oriente che posseggono ingenti riserve di gas naturale.**

Sebbene le valutazioni varino frequentemente in funzione di nuove scoperte, la suddivisione per continenti risulterebbe come segue

Nord America	~ 29%
Asia (no ME )	~ 22%
Sud America	~ 19%
Nord Africa e Sud Africa	~ 15%
Europa (no Russia)	~ 9%
Australia	~ 6%

## 'Risky' Recoverable Shale Gas Estimates - 2011

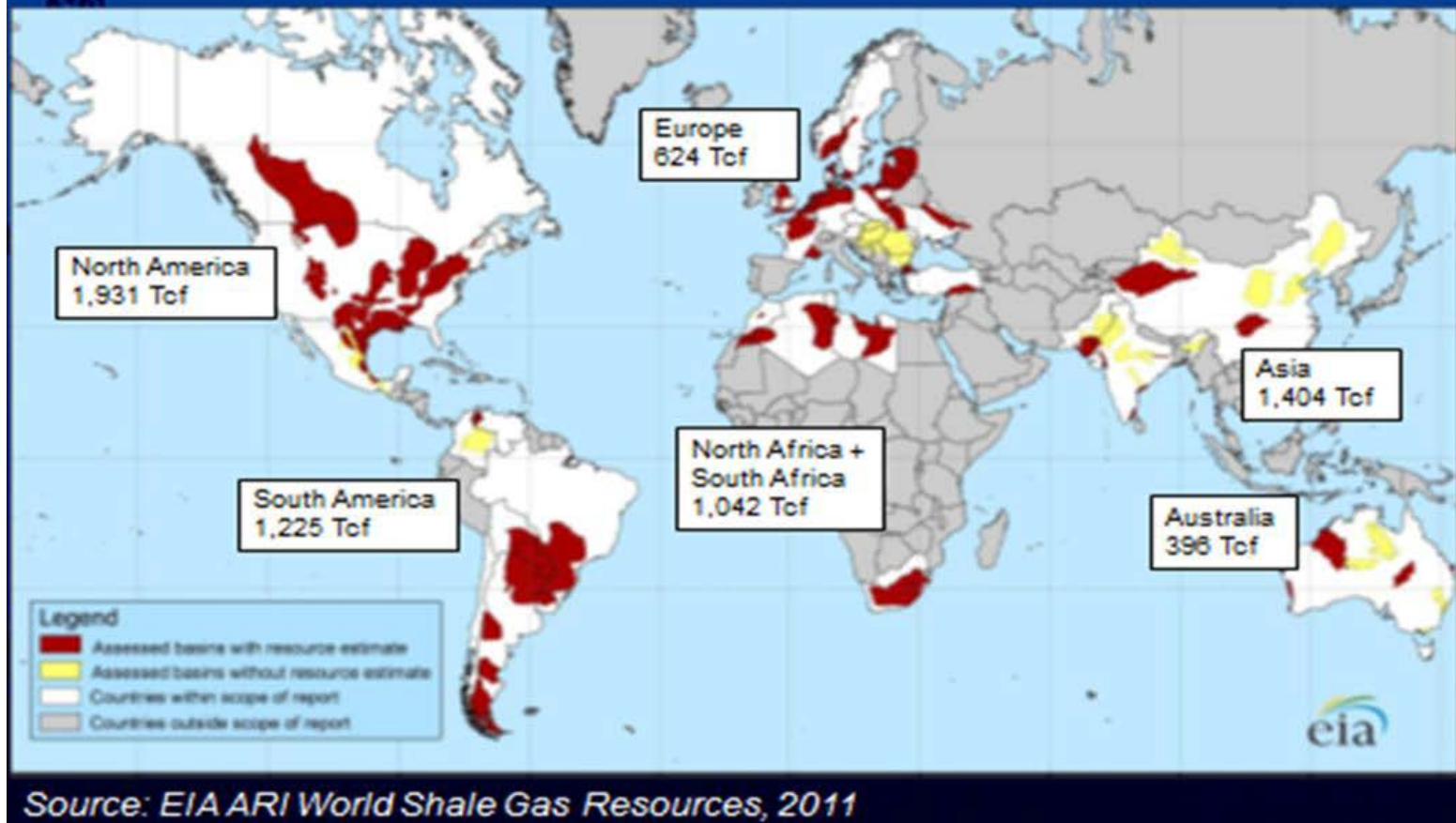


FIG. 4 I giacimenti di shale gas nei vari continenti ed il valore stimato in migliaia di miliardi di piedi al cubo. Per avere i metri cubi occorre moltiplicare per 0,028.(N.B. la virgola in inglese equivale ad un punto)

**La Cina risulta il primo paese con il 18% delle probabili riserve** seguito da Stati Uniti, Argentina e Messico.

Per quanto riguarda **l'Europa, la Polonia** risulta il paese con le “risk recovery resources” più elevate e pari a 5 migliaia di miliardi di m<sup>3</sup> **seguita a poca distanza da Francia** e poi da Norvegia, Ucraina, Svezia, Danimarca, UK, Germania e Olanda.

**Le riserve mondiali di shale gas sono stimate ad oltre 2,5 volte le riserve di gas naturale, portando a ben oltre 200 anni il rapporto tra riserve e consumi attuali di gas.**

**La produzione mondiale di shale gas è praticamente confinata agli Stati Uniti che hanno superato nel 2012 i 250 miliardi di m<sup>3</sup> ( oltre 4 volte i consumi attuali italiani di gas).**

# **Lo shale gas: opportunità, rischi ed aspetti geopolitici**

**Negli Stati Uniti** (praticamente ad oggi gli unici grandi produttori di shale gas a livello mondiale) si è passati da una produzione di ***59 miliardi di m<sup>3</sup> del 2008 ai 250 miliardi di m<sup>3</sup> del 2012*** con una percentuale dello shale gas sulla totale produzione di gas pari al 36% (con oltre 30.000 pozzi in esercizio) e con una proiezione al 46% per il 2030.

**Tale immissione di gas sul mercato ha portato il prezzo del gas naturale a circa 3 \$/MBTU, meno di 1/3 del prezzo del gas in Europa e meno di 1/5 di 5 di quello in Giappone.**

**Il gas ha aumentato drasticamente negli Stati Uniti la propria quota nella produzione di elettricità' a spese del carbone ed è passato dal 16% nel 2000 al 31% nel 2012 contro un carbone sceso dal 52% nel 2000 a circa 36% nel 2012;ma nel 2013 c'è stata inversione di rotta con carbone risalito al 39% e gas sceso al 28%.**

**La riduzione di consumi di carbone negli Stati Uniti ha provocato una forte immissione di carbone US nel mercato mondiale, riducendone i prezzi.**

**Il gas a basso prezzo ha portato a costi del MWh prodotto vicini a 30 \$, ha praticamente “ucciso” il nucleare e sta ponendo problemi alla competitività delle rinnovabili**

**I possibili volumi per esportazione non sono ad ora prevedibili e di valore tale da contribuire ad un sostanziale allineamento nelle varie aree mondiali dei prezzi del gas, considerando anche i costi associati a liquefazione-gassificazione-trasporto.**

**In ogni caso gli Stati Uniti prevedono l'esportazione non solo di GNL, ma di prodotti derivati dal gas.**

**Il prezzo attuale dello shale gas risulta però basso rispetto ai costi di produzione** essendo legato ai profitti collegati ai “preziosi liquidi associati” all'estrazione del gas; e le ricerche/sfruttamenti di nuovi giacimenti sono orientate verso quei giacimenti con elevati contenuti di pregiati liquidi associati. Un prezzo corretto potrà essere attorno ai 6-7 \$/MBTU ed a tale valore si tenderà non appena la quota del gas avrà ulteriormente ridotto quella del carbone.

Sono **stimati oltre 800.000 i posti di lavoro** associati direttamente ed indirettamente allo sviluppo dello shale gas il quale però sta ponendo una serie di problematiche a livello politico, industriale ,economico ed ambientale.

Un ulteriore **aumento della produzione di shale gas è spinto sia dagli investitori e sia dall'industria impiantistica** legata alla realizzazione di grossi impianti di liquefazione per esportazione di gas o ad impianti per trasformarlo in prodotti finiti.

Si registra anche **una spinta per l'uso del gas in trazione come fase di transizione “ecologica” tra auto a benzina e i veicoli elettrici.**

**Una forte esportazione è vista da alcuni come un pericolo per la sicurezza energetica del paese e per l'inevitabile incremento locale del prezzo del gas.**

**Altri invece sostengono che una massiccia esportazione dagli Stati Uniti verso l'Europa di un GNL a buon prezzo, creerebbe notevoli problemi economici all'“alleato/nemico” Russia, principale fornitore del gas per l'Europa; questo porterebbe l'Europa ad alleviare la sua bolletta energetica e la riporterebbe più legata agli Stati Uniti**

lo shale gas sta portando forti vantaggi agli Stati Uniti che in sintesi si possono così riassumere:

- aumento **dell'attività industriale e dell'occupazione**
- miglioramento della **bilancia dei pagamenti**
- bassi costi specie per l'energia elettrica** e conseguente aumento della competitività rispetto ad una Comunità Europea che sta andando verso costi dell'energia agli utenti finali sempre più alti, causati anche dai balzelli delle rinnovabili e dagli impegni per la CO<sub>2</sub>
- riduzione della CO<sub>2</sub> per la produzione di elettricità** con cicli combinati (per ogni kWh prodotto emettono il 40% della CO<sub>2</sub> proveniente da produzione con carbone
- inoltre **l'eventuale uso del gas per trazione migliorerebbe le emissioni rispetto ad auto a benzina.**

Ma a fronte di quanto sopra **esistono potenziali rischi ambientali legati all'estrazione dello shale gas, più volte sottolineati dai movimenti ambientalisti**

- possibili **micro-terremoti** a seguito di fratture in strati sotterranei,
- **fuoriuscita in atmosfera di gas metano** ben più impattante l'effetto serra rispetto alla CO<sub>2</sub>,
- **inquinamento delle falde acquifere** sia per immissione di gas metano e sia dei solventi utilizzati,
- **grandi volumi di acqua iniettata** e che ritorna in superficie per solo il 25% con problemi di particolari trattamenti prima di essere ri-iniettata,
- **grande occupazione di terreni in superficie e “mobile”.**

## **A tali obiezioni viene risposto dall'industria:**

- che i solventi sono solo lo 0,5% dei volumi di acqua iniettata e non sono nocivi per le falde acquifere che sono situate a migliaia di metri sopra i giacimenti di shale gas,
- la fratturazione idraulica nelle condizioni utilizzate non può causare movimenti sismici,
- la fuoriuscita di gas sia in atmosfera sia nel terreno è praticamente nulla con le sofisticate tecnologie adottate e che sono in continua evoluzione,
- l'occupazione dei terreni in superficie è fatta in pieno accordo con le popolazioni e le istituzioni.

**In ogni caso una maggior trasparenza su metodologie e sostanze utilizzate è indispensabile per arrivare ad una condivisa accettabilità.**

**Altrimenti un'emotiva reazione delle popolazioni, recepita a livello politico con leggi restrittive, potrebbe bloccare lo sfruttamento dei giacimenti, come già avvenuto in alcune nazioni (Francia, Bulgaria, Quebec) o notevolmente influenzare l'economicità dello shale gas, ridimensionandone quindi i prospettati sviluppi**

# **Considerazioni conclusive su combustibili fossili**

**Le riserve di petrolio e gas non convenzionali sono state valutate sempre più attentamente negli anni passati ed hanno assunto potenziali enormi che tuttavia non hanno avuto uno sfruttamento data la maggior economicità delle fonti convenzionali ed in particolar modo del petrolio. Con un petrolio però a 100 \$ al barile ed oltre e con l'esplosione di uno shale gas conveniente se abbinato ai “preziosi liquidi associati” la situazione sta cambiando ; per lo shale gas dove gli Stati Uniti ne sono i paladini, la sua immissione ha fatto crollare il prezzo del gas locale a valori impensabili.**

Ma come stiamo a livello globale con i consumi energetici e con le risorse primarie di energia ?

Riporto una tabella di confronti fatta con il WEC e relativa alle tendenze evidenziatesi negli ultimi 20 anni

	1993	2011	% Growth 1993-2011
<b>Population, billion</b>	5.5	7.0	<b>27%</b>
<b>GDP</b>			
Trillion USD	25	70	180%
<b>TPES Mtoe/year PRODUCTION</b>	9 532	14 092	<b>48%</b>
Coal Mt	4 474	7 520	68%
Oil Mt	3 179	3 973	25%
Natural Gas bcm	2 176	3 518	62%
Nuclear TWh	2 106	2 386	13%
Hydro Power TWh	2 286	3 229	41%
Biomass Mt	1 036	1 277	23%
Other renewables* TWh	44	515	more than.....1000%
<b>Electricity Production/year</b>			
Total TWh	12 607	22 202	<b>76%</b>
Per capita MWh	2	3	52%
<b>CO<sub>2</sub> emissions/year</b>			
Total CO <sub>2</sub> Gt	21	30	44%
Per capita tonne CO <sub>2</sub>	4	4	11%
Energy intensity koe/ 2005 USD	0.24	0.19	-21%

- Il consumo totale di **energie primarie al 2012** è stato con i seguenti contributi;
- - il **petrolio** ha avuto una quota del **31 %**(6 punti % in meno in 10 anni),
- - il **carbone** del **28 %**(4,5 punti % in più),
- - il **gas** del **23%** (2 punti % in più).
- - le **biomasse** del **9.5%**,
- - il **nucleare del 5%** (perdita di 1,5 punti in%)
- - **l'idroelettrico del 2,3%** (costante) e le **altre rinnovabili dell' 1,2 %** (enorme sviluppo).

- **A parte le rinnovabili, la risorsa che ha avuto il maggior incremento è stato quindi il carbone** dato il suo estenso uso per la produzione di elettricità in paesi come Cina ed India.
- **Il petrolio è la risorsa che ha perso di più** in punti %.
- **Le fonti fossili contribuiscono ancora per l'82% ai fabbisogni energetici dell'umanità.**

- **Per la produzione di energia elettrica (~22.000 TWh a livello mondo):**

- - il carbone risulta ancora la principale risorsa con il 40%,
- - seguito dal gas 22,5% ,idroelettrico 16%, nucleare 13%, petrolio 4%, vento 2,4% ed altre rinnovabili per il 2,1% (fotovoltaico 0,4%).

- **Le fonti fossili contribuiscono per il 66% ed hanno guadagnato 2 punti% in 10 anni.**

## QUALI SONO STATI I PRINCIPALI FATTORI NEGLI ULTIMI 20 ANNI

- l'emergere dei **problemi ambientali** che non hanno trovato un approccio condiviso ed un crollo del prezzo della CO<sub>2</sub> in Europa;
- un **costante aumento dei consumi energetici** e specie dell'elettricità che assume sempre maggior importanza;
- l'esplosione di eolico e fotovoltaico** ( **in particolare in Europa**, a seguito di generosi sussidi negli ultimi 10 anni), che raggiungono tuttavia circa l'1 % delle risorse primarie ed il 3 % nella produzione di elettricità
- a dieci anni di **prezzi del petrolio** bassi (circa 30\$/barile) sono seguiti degli **aumenti sostanziali dal 2001** con valori ora intorno ai 100\$/barile;
- le **riserve di gas convenzionale e petrolio** sono ad oggi **superiori** del 48% e del 60% rispetto **a quelle del 1993, nonostante gli elevati consumi degli ultimi 20 anni**

- il **nucleare** che ha avuto l' impatto di **Fukushima**;
- **la crisi finanziaria** ed economica che ha ridotto i trends dei consumi energetici, specie dei paesi industrializzati ;
- **lo sviluppo negli Stati Uniti dello shale gas** a bassi prezzi (1/3 di quelli Europei ed 1/5 di quelli in Estremo Oriente)
- **la “primavera” araba**;
- **il potenziale dell'efficienza energetica** che non trova efficaci approcci;
- una sempre maggiore **influenza dell'opinione pubblica** sulle politiche energetiche
- **la diffusione pervasiva di ICT** in tutti i settori

**Il problema generale non è quindi quello della scarsità delle risorse (da sfatare) ma il come estrarle e trasformarle in modo compatibile con l'ambiente; e qui c'è molto da fare per ottimizzare le tecnologie e per approcci non ideologici ma con grande trasparenza su metodologie utilizzabili e con chiara valutazione dei rischi.**

- Rispetto a tale scenario mondiale **l'Italia**, (che conta l'1,2 % a livello energetico globale) ha **perso 8 punti % di PIL in 5 anni**, dipende dall'estero per circa l'80% delle risorse energetiche.
- Il consumo di **risorse primarie nel 2013** è sceso a 171 MTEP (valore di fine anni '90),
- Il **petrolio** è a 61 MTEP (valore di fine anni '60)
- Il **gas** con 57 MTEP è ai valori di 12 anni orsono.

• **Dal 2000 al 2012** il **petrolio** è sceso da una quota del 50% al 36,2%, il **gas** è salito dal 31,5% al 35,7% ,il **carbone** ha raggiunto le 17,6 MTEP passando dal 7% al 10,3%, le **importazioni di elettricità** sono rimaste praticamente costanti a 8 MTEP mentre le **rinnovabili** hanno raggiunto le 22,3 MTEP passando dal 6,6% al 13,1% superando a fine 2012 quanto era previsto per il 2030.

- Nonostante il calo dei consumi, gli alti prezzi di petrolio e gas hanno contribuito al **record della cosiddetta "bolletta energetica"** (costo delle importazioni energetiche) per il sistema Italia, bolletta che ha raggiunto i **64,5 miliardi di euro (4% del PIL !!)** con petrolio per 34 miliardi di € e gas per 24.

- Vale la pena però di ricordare che” la vera bolletta energetica” per gli Italiani (corrispondente a quanto si paga per benzina,petrolio,gas elettricità da industrie e cittadini ) considerando i costi di trasformazione e distribuzione e tasse, balzelli ed incentivi vari si superano i 160 miliardi di €/anno pari a circa il 12 % del PIL.

**GRAZIE PER L'ASCOLTO  
E SONO PRONTO A RISPONDERE ALLE  
VOSTRE DOMANDE**