

Rinnovabili: presente e futuro

Un breve raggruppamento di dati e fatti sulla situazione attuale e sui possibili sviluppi della generazione da fonti rinnovabili secondo le fonti più autorevoli nel campo energetico



Giuliano Rancilio

0. INTRODUZIONE.....	2
1. QUANTA ENERGIA DA RINNOVABILI OGGI?	3
NEL MONDO	3
<i>Elettricità.....</i>	3
<i>Termico+motori (energia chimica).....</i>	5
<i>Il ruolo degli incentivi</i>	6
<i>I Paesi battistrada.....</i>	9
IN ITALIA.....	10
<i>Elettricità.....</i>	10
<i>Termico+motori (energia chimica).....</i>	13
Automotive	14
Generazione termica	14
<i>Rinnovabili elettriche: costo o guadagno?</i>	15
Correlazione con l'andamento del PUN	15
Correlazione con andamento altre voci	16
<i>L'incentivazione in Italia.....</i>	17
2. POSSIBILITÀ DI INCREMENTO NELL'IMMEDIATO.....	18
PER I SINGOLI CONSUMATORI.....	18
PER UTENZA PRIVATA INDUSTRIALE O DI GRANDI DIMENSIONI	19
PER GLI ENTI.....	22
3. LIMITI DELLE RINNOVABILI	23
COSTI.....	23
FATTORE DI CAPACITÀ (AVAILABILITY)	24
DIFFICOLTÀ DI STOCCAGGIO.....	25
4. PROSPETTIVE E SCENARI A LUNGO TERMINE	26
MEZZI	27
<i>Variazione del mix di produzione energetica.....</i>	27
<i>Energy storage.....</i>	27
<i>Smart grids: ottimizzazione di produzione e consumo</i>	29
<i>Alternative alla generazione elettrica da combustione.....</i>	30
<i>Passaggio da generazione termica ad elettrica.....</i>	31
<i>Controversie "rinnovabili"</i>	31
LE PROSPETTIVE	32
FONTI	36

0. Introduzione

Questo testo prova a fare il punto della situazione per quanto riguarda la produzione di energia da fonti rinnovabili e a tracciare un possibile futuro. L'interesse è di verificare cosa è ad oggi conveniente economicamente, cosa lo sarà. La situazione viene illustrata da una **prospettiva geografica** (la situazione nei diversi Paesi e, se possibile, in diverse aree che si muovono all'incirca di pari passo), da una **prospettiva che consideri la tipologia di energie** (elettricità contro altri tipi di energie, in generale), da una **prospettiva che consideri il tipo di carico, con focus sugli impieghi statici** (residenziale, industriale, commerciale: quest'ultima suddivisione è quantitativamente valida quasi esclusivamente in ottica occidentale-centrica). Questo per enucleare tutte le forti differenze che è possibile riconoscere nel sistema di produzione e consumo di energie globale. In pillole:

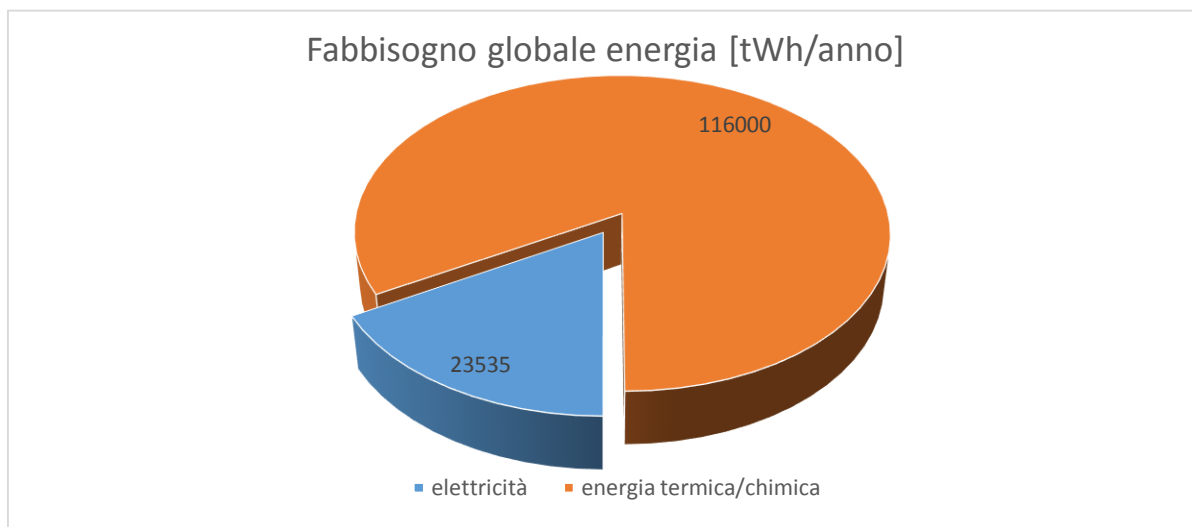
- **L'occidente (i Paesi OCSE) hanno già avuto una prima transizione verso le rinnovabili** e verso la riduzione delle emissioni di carbonio. Se la situazione rimanesse quella attuale (Business as usual) in questi Paesi assisteremmo negli anni a un mantenimento dell'attuale quota di emissioni e consumi, a grandi linee (World Energy Outlook, 2014). **India e Cina** (presi sempre come unità in quanto interessati dallo stesso sviluppo nello stesso periodo e ospitanti un terzo della popolazione mondiale: circa 2,6 miliardi di persone) invece **iniziano ora la loro rivoluzione** (in termini relativi! In termini assoluti, la Cina ospita già le centrali idroelettriche più grandi al mondo): il mercato rinnovabile e il riscaldamento globale **dipende in grossa parte da come questo immenso bacino di persone sceglierà di agire**. **Gli altri Paesi** (gran parte dell'Africa, dell'Asia e parte del Sud-America) **cresceranno e con essi il loro fabbisogno**. Ma, eccezion fatta per i Paesi produttori di combustibili fossili, potrebbero vedere la loro crescita in un mondo in cui le rinnovabili siano già economicamente convenienti e ampiamente consolidate. La **popolazione mondiale intanto aumenterà di 2 miliardi** di persone entro il 2040, calando poi di molto il trend di crescita.
- **L'elettricità è sicuramente il campo di azione privilegiato per le fonti rinnovabili**. Sfortunatamente **meno del 20% del fabbisogno di energia globale è elettrico**. È necessaria una transizione elettrica o lo sviluppo di nuove tecnologie rinnovabili ad uso termico (le biomasse, considerate rinnovabili, passano dalla combustione per produrre energia: sono rinnovabili perché non consumano risorse fossili, ma non sono verdi, perché emettono CO₂).
- Il mondo consuma il **35% dell'energia nel settore industriale, il 20% nei trasporti, l'11% nel residenziale e il 5% nel commerciale** (con un 25% di perdite in generazione e trasmissione!). La percentuale varia molto tra Paesi OCSE e non OCSE. Per quanto riguarda il **settore residenziale**, è **già stato fatto molto** di quello che in termini immediati sia conveniente fare a livello economico (produzione FER, coibentazione edifici, sistemi riscaldamento), quantomeno sul nuovo o sull'edificato di recente ristrutturazione. Ben diverso è il caso della **grande distribuzione commerciale**, che **finora si è disinteressata** dei propri consumi anche se già esistevano modalità per ridurli. Per il **caso industriale** la situazione è **più varia**, come più varia è l'industria. La rivoluzione a lungo termine dei consumi energetici passerà però inevitabilmente da qui, visto il peso del settore.

Il testo riporta fonti di tutti i dati utilizzati. Le opinioni dell'autore sono ridotte al minimo e esplicitate. L'intenzione è quella di rivolgersi a un'ampia platea, anche di non esperti, senza perdere però nella semplificazione la veridicità e l'utilità delle informazioni. Il testo è nato per gioco, per rispondere alla domanda di un amico. Ma poi è divenuto un aggregatore di fatti e dati abbastanza corposo, a parere dell'autore utile sia a chi si affacci al complesso mondo dell'energia, a chi sia semplicemente curioso e, perché no, a chi progetti un investimento.

1. Quanta energia da rinnovabili oggi?

È a mio avviso utile dividere in 4 sezioni il capitolo sulla produzione energetica da rinnovabili: **nel mondo e in Italia**, e all'interno delle due limitazioni geografiche l'ulteriore suddivisione in **elettriche** e a scopo **termico+motori**, ovvero lo sfruttamento dell'energia chimica direttamente (le due principali, se non uniche, fette del nostro fabbisogno energetico).

Facciamo innanzitutto una proporzione, per capire di cosa discutiamo:



Il consumo di energia elettrica è una fetta minoritaria del totale. Vedremo poi cosa questo comporta.

Nel mondo

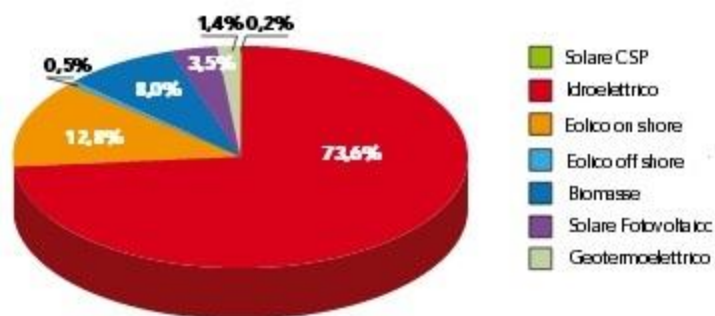
Fonte principale di questa sezione è il ben fatto Renewable Energy Report 2015 del gruppo E&S, spin-off del PoliMi, i cui report mi sento di consigliare.

Elettricità

La produzione elettrica è sicuramente **il più consolidato settore per le fonti rinnovabili**. Nel mondo quasi **un quarto** della produzione elettrica totale proviene da rinnovabili (anno 2014, cioè dati più recenti in circolazione).



All'interno del mix delle rinnovabili, lo **“storico” idroelettrico la fa ancora da padrone (75%)**, e le rinnovabili cosiddette “di nuova generazione” sono ancora una nicchia anche in questa suddivisione, guidate da eolico (13%) e biomasse (8%, occhio a chiamarle bio, vanno dai rifiuti ai combustibili naturali, non fossili, quindi non CO2 free).



Ci risolleva però il morale il grafico seguente, dove si evidenzia **l'incremento avuto in soli 7 anni** dalle rinnovabili per la produzione elettrica. Prime tra tutte, ovviamente, le **rinnovabili di nuova generazione** (solare fotovoltaico, eolico on-shore e off-shore, ovvero fuori costa, e solare termodinamico o csp), che sono in alcuni casi anche più che decuplicate, in altri casi l'aumento è stato comunque di un fattore 3 o 4 (quadruplicate). Poniamo attenzione ai numeri: se nel 2007 l'idroelettrico mondiale constava di 800 GW accumulati in più di 70 anni di costruzione di dighe (l'idroelettrico comincia ad essere usato massivamente a cavallo tra le due guerre, con il “boom” dopo la seconda guerra mondiale), in soli 7 anni (**1/10 del tempo**) le rinnovabili di nuova generazione e una nuova ondata di attenzione verso l'idroelettrico hanno accumulato **altri 800GW** di potenza installata in giro per il mondo. Senza dubbio è stato un periodo di boom e l'onda si attenuerà, ma non c'è motivo di pensare che si stoppi (parleremo poi del capitolo incentivi).

Il «peso» delle rinnovabili appare evidente se si guarda alla **crescita della potenza complessivamente installata**, che è passata **da meno di 1 TW a oltre 1,7 TW dal 2007 al 2014**. Fotovoltaico (cresciuto di 18 volte) ed Eolico (cresciuto di quasi 4 volte) mostrano ancora una volta l'impatto degli investimenti.

GW	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2014/2007
idroelettrico	830	900	915	945	970	980	1.000	1.060	1,2x
Eolico On shore	94	121	159	198	238	283	318	369	3,9x
Eolico Off shore	1,1	1,1	1,2	3,1	4,1	5,4	6,7	8	7,2x
Solare fotovoltaico	10	16	24	40	71	100	138	183	18,3x
Biomasse	53	60	65	71	77	83	89	92	1,7x
Geotermoelettrico	7,7	8,7	9,8	11	11,4	11,7	12	12,6	1,6x
Solare CSP	0,4	0,5	0,8	1,1	1,6	2,6	3	3,8	9,5x
Totale	997	1.107	1.175	1.269	1.373	1.466	1.566	1.728	1,73x

E guai a pensare, poi, che l'idroelettrico sia finito: **in Cina si costruisce la centrale più grande del mondo** (Yarlung Tsangpo, 50GW, ovvero 50 centrali a vapore o nucleari di taglia grande messe assieme), altre se ne fanno in Brasile o in Africa centrale.

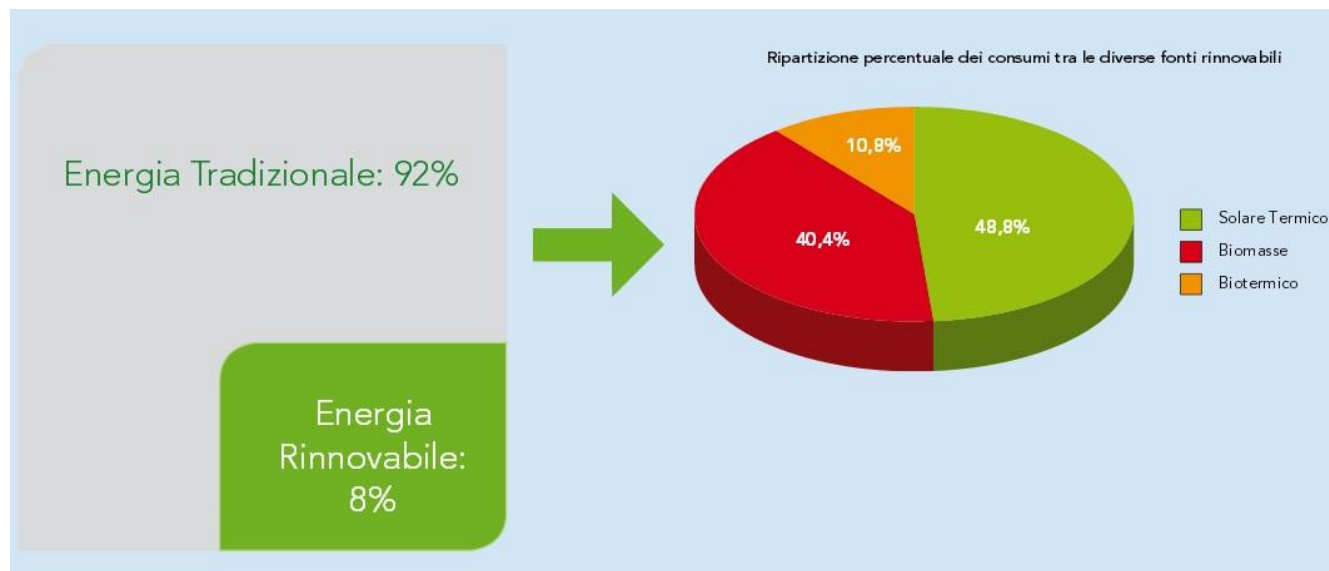
Quando si parla di rinnovabili finisce poi in secondo piano l'argomento rendimento (almeno per quanto riguarda la questione ambientale). Non è così nel momento in cui le rinnovabili divengono un business e devono attrarre investimenti, e quindi il prezzo a €/kWh importa. Se per le grandi centrali tradizionali e i cicli combinati si incrementa di qualche percento ogni decina d'anni, **i rendimenti delle rinnovabili migliorano invece a vista**

d'occhio (sono tecnologie nuove, non ancora consolidate e sfruttate fino in fondo, nemmeno lontanamente). Battistrada, di nuovo, fotovoltaico, eolico, solare termodinamico: in tre anni l'incremento di rendimento è per essi in doppia cifra.

GW	Energia Prodotta in media nel triennio 2012-2014 (TWh)	Potenza installata media nel triennio 2012-2014 (GW)	Energia Prodotta in media nel triennio 2007-2009 (TWh)	Potenza installata media nel triennio 2007-2009 (GW)	Produttività media KWh/KW nel triennio 2012-2014	Produttività media KWh/KW nel triennio 2007-2009	Variazione %
idroelettrico	3.802	1.013	3.198	882	3.752	3.627	3%
Eolico On shore	595	323	220	125	1.839	1.766	4%
Eolico Off shore	21	7	3	1	3.175	2.802	13%
Solare fotovoltaico	137	140	12,6	17	981	739	33%
Biomasse	411	88	261	59	4.666	4.400	6%
Geotermoelettrico	73	12	64	9	6.007	7.341	-18%
Solare CSP	8,9	3,1	1,5	0,6	2.838	2.556	11%
Totale	5.241	1.586	3.603	1.094	3.323	3.319	7%

Termico+motori (energia chimica)

È purtroppo di gran lunga **il settore più grande**. Potremmo definirlo come “tutti i consumi di energia al di fuori di quelli elettrici”. Ovvero la trasformazione diretta da combustibile a calore, per cicli termici o termodinamici che producano lavoro sul posto, senza un vettore elettrico. Questa definizione comprende **circa 115mila tWh/anno** (contro i 25mila tWh/anno della produzione elettrica, **5 volte tanto**). È il settore più difficile per le rinnovabili, ma è quello dove è necessario iniziare a muoversi con caparbietà. Per ora producono solo **l'8% del totale**.



Anche qui, tuttavia, assistiamo a un rapido incremento dell'installato, solare termico in primis, sebbene meno accentuato che nel settore elettrico.

La principale fonte rinnovabile termica è quella solare che al termine del 2014 incideva per il 48,8% circa della potenza complessivamente installata e, **rispetto al 2007, è cresciuta di quasi 2,9 volte.**

La seconda fonte rinnovabile termica è la **biomassa con 300 GW installati, ovvero 1,3 volte la potenza installata alla fine del 2007.**

Ruolo marginale per le installazioni geotermiche che, nonostante siano pressoché raddoppiate dal 2007 ad oggi, incidono solo per il 10,78%.

GW	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2014/2007
Solare termico	126	145	153	182	232	282	326	362	2,9x
Biomasse	240	250	265	280	290	293	296	300	1,3x
Geotermico	45	50	50	51	58	66	74	80	1,8x
Totale	411	445	468	513	580	641	696	742	1,8x

E' la **Cina, il Paese leader per le installazioni di solare termico e geotermia, mentre per le biomasse, oltre agli Stati Uniti** (molto attivi anche sul fronte degli usi elettrici) un ruolo di rilievo è giocato anche da **Germania, Svezia, Finlandia e Canada**, che non a caso sono anche i principali esportatori al mondo di legname e pellet per la generazione di calore.

Il ruolo degli incentivi

Chiudiamo con un approfondimento. Quanto le normative influiscono sulla diffusione delle rinnovabili? Sicuramente molto, ma negli ultimi anni si è maturato un sistema che permetta lo sviluppo a lungo termine senza gli scossoni, a volte anche dannosi per il mercato, di questi primi anni di boom.

I primi "a svegliarsi", sulle rinnovabili, sono stati sicuramente i paesi Europei, centro e nord prima del sud, e in un certo modo gli Stati Uniti. Un eccessivo incentivo a un mercato che iniziava a stare in piedi, anche economicamente, da sé (sulla piccola generazione) ha portato a una bolla che è scoppiata, dove più dove meno, sicuramente male in Italia: molte aziende hanno convertito alla produzione o gestione di rinnovabili il proprio core business, considerando il trend di crescita costante nel tempo. Non è stato così, perché gli incentivi sono andati scemando dopo i primi anni e il trend si è limitato (la pendenza della crescita è diminuita), il mercato si è "saturato" in fretta e alcuni che erano saliti sul carro hanno dovuto abbandonarlo. Per questo ora una grossa parte dei paesi più avanzati ha incentivazione su rinnovabili ridimensionata fortemente, mentre grossi investimenti si fanno in India e Cina.

Dividendo in tre fasce A,B,C (A ha l'incentivazione più alta), ora l'Italia, la Spagna, la Germania e altri **paesi occidentali sono in fascia B**, mentre **salgono in A Cina, India, Corea del Sud**.

Sono relativamente pochi in numero, ma contano per oltre 3,45 miliardi di abitanti (più della metà della popolazione mondiale) **i Paesi in classe A, ovvero che hanno ancora una normativa di sostegno «forte» alle rinnovabili**. In questi Paesi – tra i quali si annoverano **la Cina e l'India** che trainano la crescita del continente asiatico, ma anche le Filippine e la Corea del Sud – ci si attende anche per il futuro una crescita significativa delle installazioni.

Sono decisamente di più in numero (e comunque hanno complessivamente oltre 2 miliardi di abitanti) **e più interessanti per caratteristiche i Paesi in classe B**, ai quali appartengono:

- Paesi come **Italia, Germania, Giappone e Spagna** che hanno già sviluppato un mercato solido delle rinnovabili e stanno cercando di ridurre la spesa incentivante nel breve e medio periodo;
- Paesi come **Turchia o Brasile (ma anche Sud Africa, Kenya e Messico)**, che stanno definendo – forse sulla scorta degli «errori» europei – **sin dall'inizio una base normativa meno «sbilanciata»** ma comunque in grado di sostenere il mercato operando una scelta di mix più ragionata.

In **classe C** sono invece tutti i Paesi legati **alla grande presenza di combustibili fossili sul loro territorio** (Russia, Colombia, Azerbaijan, l'Asia Centrale in generale), spesso associata a situazioni politiche instabili (Medio Oriente, Nord Africa). Per essi il fossile è il principale business nazionale, un cambiamento non è auspicabile nel breve periodo. Vedremo poi in dettaglio situazione italiana.

Sarebbe poi interessante, ma estremamente più complesso, studiare il mondo dei sussidi/incentivi alle energie fossili. Il FMI (non il primo che passa) ha definito in 5300 miliardi di \$/anno l'ammontare dei sussidi nazionali alle energie fossili (incentivi sull'acquisto, costi dello smaltimento CO₂) in uno studio riportato poi da molte testate nel mondo. Il numero è abnorme, considerato che invece gli incentivi verso rinnovabili (più facili da quantificare, perché normati e sempre “alla luce del sole”) nel mondo ammontano a circa 120 miliardi di \$/anno (il 2% dei fossili, ben al di sotto della proporzionalità rinnovabili/fossili).

A cosa servono gli incentivi? A rendere allettante l'investimento, dato che **quasi nessun tipo di rinnovabile oggi è competitivo con le fonti fossili per quanto riguarda il prezzo al MWh** (non c'è modo univoco a oggi di conteggiare il costo dei rimedi all'inquinamento prodotto dalle fossili, anche se gli USA quantificano 42\$ a tonnellata di CO₂ emessa). Tuttavia il costo **si ripartisce** per l'energia da rinnovabili **in modo totalmente diverso** rispetto a quella da combustibili fossili (stime qualitative):

	Rinnovabili	Fossili
Costo di investimento	90%	50%
Costo di esercizio	10% (combustibile ha costo zero, sole o vento, o negativo, rifiuti e biomasse)	50% (combustibile!)
Economia di scala	Quasi inesistente, salvo eccezioni: piccola generazione favorita	Fondamentale: solo generazione su grande scala (large-scale) conviene.

Risulta quindi chiaro che **l'aumento della vita utile o il crollo del costo di investimento per impianti rinnovabili** può modificare e molto il quadro (nel 2050 i moduli fotovoltaici costeranno il 65% in meno rispetto a ora,

previsione IEA), così come **il mercato altalenante dei combustibili fossili** (ora il petrolio costa 30\$ al barile, un terzo di un anno fa, ma non sarà così stabile per molto). Per questo, il **grafico successivo va preso con le pinze**. Tuttavia, a livello squisitamente economico, è utile a capire perché si preferisce una tecnologia a un'altra. Grave lacuna della tabella: **l'eolico off-shore** ha un costo per MWh inferiore all'on-shore. È la **forma più competitiva di rinnovabile insieme all'idroelettrico** di grandi dimensioni.

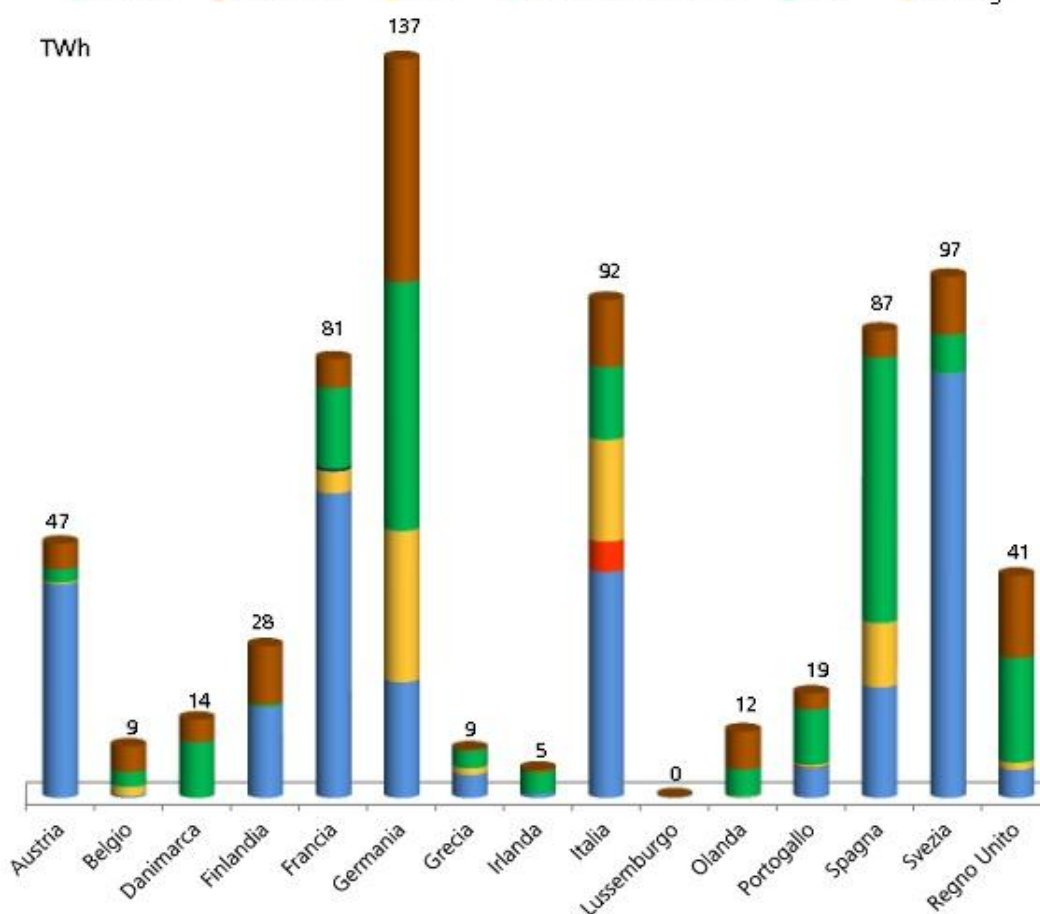
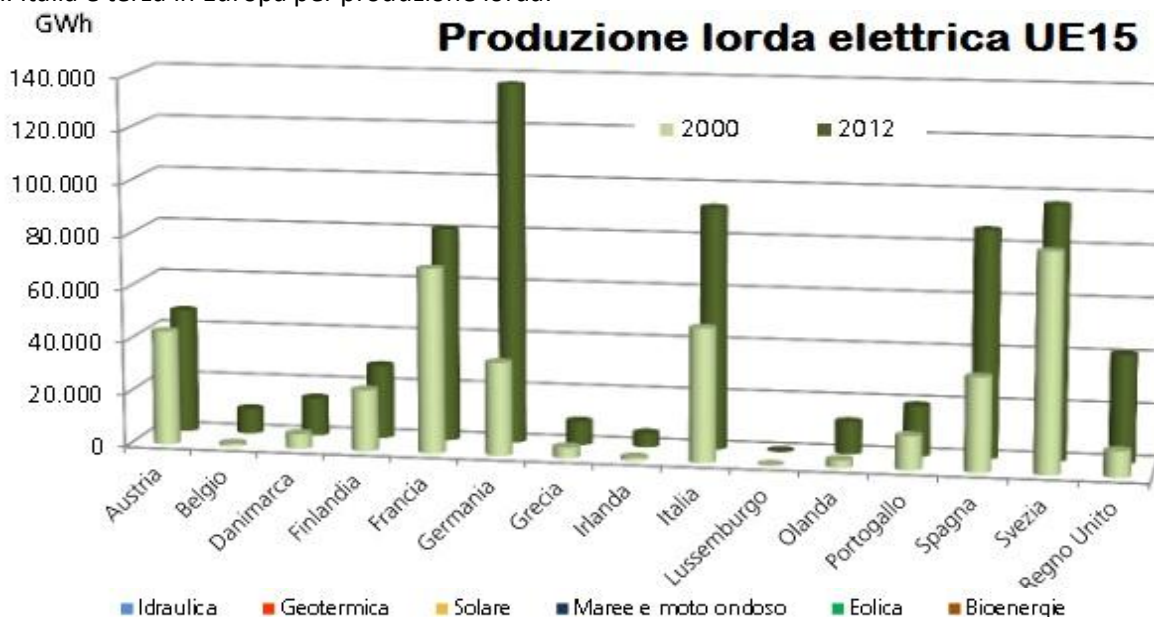
Overall cost of electricity

44

	Size kW _e	C _{inv} €/kW _e	CCC + f _{O&M} + f _{pers}	N _{eq} h/year	C _{Neq} €/MWh _e	Φ _{O&M} € / MWh _{fuel}	C _{fuel} € / ton MWh _{fuel}	η _e MWh _e / MWh _{fuel}	C _η € / MWh _e	Total cost €/MWh _e	
Photovoltaic	3	3.600	0,196	1.200	587	-	-	0,0	-	0,0	587
	100	3.086	0,190	1.200	489	-	-	0,0	-	0,0	489
	1.000	2.750	0,173	1.200	395	-	-	0,0	-	0,0	395
Wind on-shore	1.000	2.615	0,178	2.500	186	-	-	0,0	-	0,0	186
	20.000	1.938	0,169	2.500	131	-	-	0,0	-	0,0	131
	100.000	1.650	0,168	2.500	111	-	-	0,0	-	0,0	111
Mini-Hydro	1.000	5.467	0,152	6.000	138	-	-	0,0	-	0,0	138
Hydro (dam)	100.000	2.176	0,137	5.000	59	-	-	0,0	-	0,0	59
Biomass	5.000	5.351	0,202	8.000	135	1,25	50,0	18,0	22,0%	87,5	223
	20.000	3.784	0,191	8.000	90	1,25	50,0	18,0	27,5%	70,0	160
Residual biomass	20.000	3.784	0,191	8.000	90	2,50	10,0	3,6	27,5%	22,2	112
WtE	10.000	8.852	0,202	7.800	229	12,5	-135,9	-48,9	21,5%	-169,5	60
	50.000	4.545	0,198	7.800	115	12,5	-77,7	-28,0	28,0%	-55,2	60
Coal-fired steam cycle	1.000.000	1.400	0,181	8.000	32	0,75	-	6,0	41,0%	16,5	48
Nat gas-fired CC	400.000	600	0,175	8.000	13	0,20	-	25,0	56,0%	45,0	58
Gas turbine	250.000	350	0,168	8.000	7	0,20	-	25,0	37,0%	68,1	75
Nuclear	2.500.000	2.545	0,141	8.000	45	0,25	-	2,0	33,0%	6,8	52
Components depending on N _{eq}						Components depending on η _e					

I Paesi battistrada

Il Paese più avanzato in campo rinnovabile è di sicuro **la Germania**. Germania ha **più alta produzione lorda e più alto trend di crescita in Europa**, e la **più alta percentuale di produzione da rinnovabili di nuova generazione al mondo**. In Europa spicca anche **la Svezia**, anche se nel suo mix energetico viene considerato il Nucleare (50% della totale produzione di elettricità) alla stregua delle rinnovabili. Il resto del nord Europa raggiunge simili risultati. Italia è terza in Europa per produzione lorda.



Fuori dall'Europa, gli USA sfruttano biomasse e biocarburanti (spesso anche in maniera azzardata). Cina e India, quasi metà della popolazione mondiale, si stanno rapidamente adeguando dopo aver perseguito uno sviluppo fondato solo sul fossile. I tempi non saranno così lunghi per annoverarli tra potenze "green". Vi sono poi casi isolati di Paesi storicamente costruiti per la generazione da rinnovabili (magari di un solo tipo). È il caso ad esempio della Colombia, in cui l'idroelettrico genera l'80% del totale. Sia chiaro, si parla di percentuali sulla produzione. La Cina è invece già primo produttore al mondo lordo da rinnovabili, ma considerando la sua grandezza e popolazione il lordo non conta in un confronto, ad esempio, con i paesi Europei.

In Italia

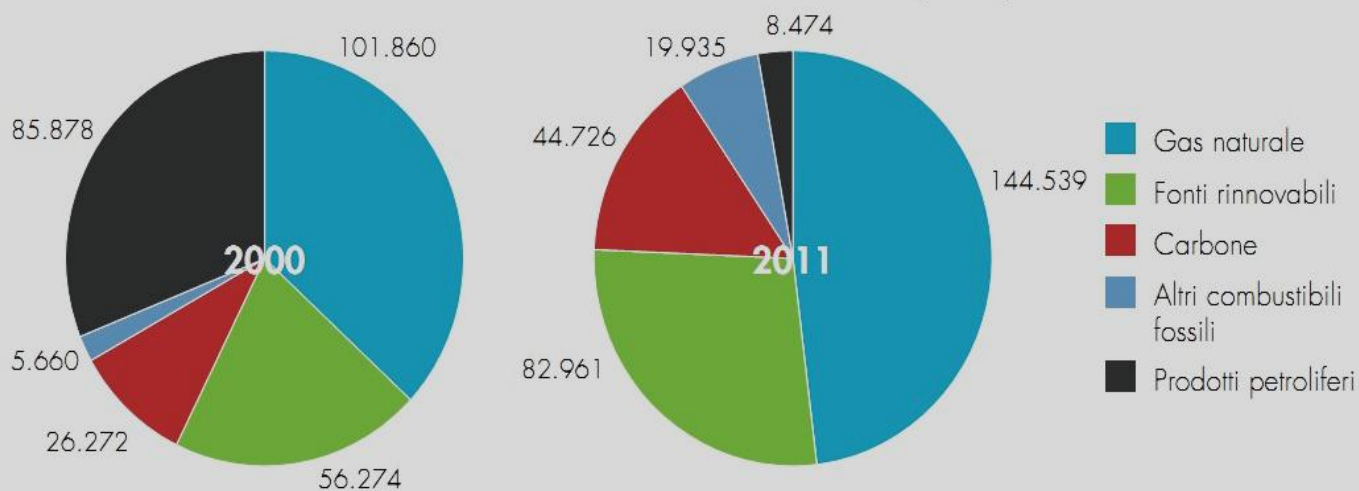
Per questa sezione useremo i dati (pubblicati e disponibili a tutti) di Terna e del Gestore Servizio Elettrico (andare alla fonte, se possibile, è sempre la cosa migliore).

Elettricità

Analizzeremo i dati con percentuali sulla produzione, per rendere la fruizione più semplice. In realtà, ricordiamo sempre che l'Italia **produce "in casa"**, al netto delle perdite di linea, **l'85% dell'energia che consuma** (entrambi i valori, produzione e consumo, diminuiscono: la produzione vede chiusura delle centrali di grossa taglia a vapore a fine ciclo, solo in parte aggiornate a ciclo combinato, i consumi subiscono la crisi), **importando il resto** soprattutto dal nucleare francese e da altri stati confinanti.

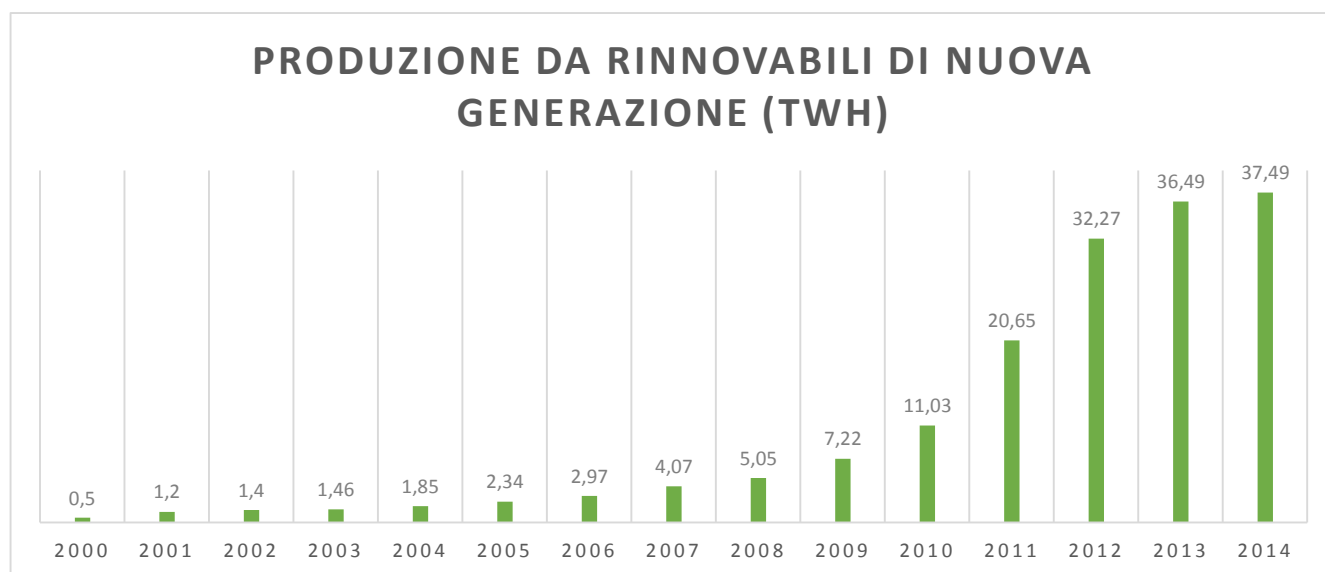
La **produzione percentuale da rinnovabili (la legislazione italiana considera l'energia da rifiuti tra le rinnovabili) è stata nel 2014 del 43,13% (120mila GWh su 280mila totali prodotti nel nostro territorio)**. È un valore molto alto per il mondo, buono per l'Europa (come detto, per produzione lorda da rinnovabili l'Italia è al terzo posto in UE a 15 Stati, *ma anche a 28 dovrebbe mantenersi sul podio*). Non recentissimo, ma il grafico successivo ci dà una buonissima idea, oltre che dell'attuale composizione, del trend passato a medio termine: ci siamo svincolati dal petrolio e dal carbone per dare massima dignità al gas naturale (è la tendenza mondiale per produzione elettrica), e le rinnovabili hanno **più che raddoppiato l'influenza** (siamo attualmente, come già detto a 120mila GWh da rinnovabili, 2014). **Senza contare rifiuti e biomasse, siamo comunque sul 38% circa di produzione elettrica da rinnovabili**. In termini di **fabbisogno elettrico, le rinnovabili soddisfano il 29% di esso** (considerando non rinnovabile tutta la quota di importato, pari a circa il 15% del fabbisogno totale).

PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA PER FONTE IN ITALIA (GWh)



Elaborazione Legambiente su dati Terna

Inoltre abbiamo la possibilità di delimitare in 15 anni il **trend da 0 a oggi della produzione da rinnovabili di nuova generazione** (in Italia eolico e solare, escludendo il geotermoelettrico, storica presenza nel Bel Paese):



Ad esso si sommano i **60TWh da idroelettrico** (concentrati nelle regioni del nord) e i 5TWh da **geotermoelettrico**, tradizionale al centro e di cui l'Italia è **massimo produttore in Europa**. Come si può notare, il vero boom si è racchiuso in 5 anni (2009-2013): non a caso cinque sono i Conti Energia, il sistema di incentivazione scelto dallo stato italiano e ora abbandonato.

Anche il grafico sulla produzione **per regioni** è interessante. Si nota il **picco al nord, storico, dato dall'idroelettrico** e quello **al sud, nuovo, da fotovoltaico ed eolico** (Puglia). Il gap è ampio con le regioni del centro, che hanno faticato a trovare una loro via. Partiamo dalle rinnovabili di nuova generazione, la classifica delle regioni con maggiore potenza che beneficia del Conto Energia (fotovoltaico, quindi):

Tab 2.12 - Impianti incentivati con il Conto Energia in esercizio al 31 dicembre 2014, suddivisi per Regioni e classi di potenza.

REGIONE	CLASSE 1: 1 kW ≤ P ≤ 3 kW		CLASSE 2: 3 kW < P ≤ 20 kW		CLASSE 3: 20 kW < P ≤ 200 kW		CLASSE 4: 200 kW < P ≤ 1.000 kW		CLASSE 5: 1.000 kW < P ≤ 5.000 kW		CLASSE 6: P > 5.000 kW		TOTALE	
	Numero	Potenza (kW)	Numero	Potenza (kW)	Numero	Potenza (kW)	Numero	Potenza (kW)	Numero	Potenza (kW)	Numero	Potenza (kW)	Numero	Potenza (kW)
PUGLIA	11.310	31.758	22.145	168.396	2.866	208.465	1.819	1.566.140	55	172.237	36	355.753	38.231	2.502.749
LOMBARDIA	27.410	76.125	39.138	300.610	8.881	709.270	1.341	733.238	61	112.698	3	17.992	76.834	1.949.934
EMILIA ROMAGNA	19.272	50.913	25.764	208.902	5.957	474.515	1.138	709.346	155	284.068	4	48.656	52.290	1.776.400
VENETO	21.570	60.138	45.754	320.593	5.927	476.185	929	527.742	47	80.011	14	160.505	74.241	1.625.174
PIEMONTE	12.304	34.328	20.495	177.463	4.549	365.006	1.089	637.982	93	203.054	4	25.730	38.534	1.443.563
SICILIA	10.913	30.977	23.995	182.117	2.236	172.156	542	393.640	87	249.563	22	186.650	37.795	1.215.104
LAZIO	11.161	30.168	18.661	134.327	1.620	130.312	414	263.779	100	274.650	35	309.040	31.991	1.142.276
MARCHE	6.700	18.386	9.756	80.802	2.384	193.606	937	592.901	50	110.803	3	20.890	19.830	1.017.388

Quello della produzione da rinnovabili generale:

	Idrica	Eolica	Fotovoltaica	Geotermica	Bioenergie	Totale
GWh						
Piemonte	8.369,9	26,1	1.646,5	-	1.731,3	11.773,8
Valle d'Aosta	3.431,0	3,7	22,7	-	11,9	3.469,3
Lombardia	13.623,6	0,0	2.046,1	-	4.249,3	19.919,1
Trentino Alto Adige	13.249,3	1,2	407,1	-	340,4	13.998,0
Veneto	5.558,5	17,9	1.784,1	-	1.898,7	9.259,2
Friuli Venezia Giulia	2.524,7	0,0	509,3	-	706,1	3.740,1
Liguria	350,4	117,3	96,1	-	125,5	689,3
Emilia Romagna	1.277,1	27,2	2.093,1	-	2.759,0	6.156,5
Italia Settentrionale	48.384,5	193,4	8.605,0	-	11.822,4	69.005,3
Toscana	1.060,7	220,6	847,8	5.916,3	604,0	8.649,4
Umbria	1.819,1	3,0	526,6	-	223,5	2.572,2
Marche	608,4	1,8	1.243,9	-	186,5	2.040,6
Lazio	1.316,9	87,1	1.572,2	-	704,3	3.680,5
Italia Centrale	4.805,1	312,5	4.190,6	5.916,3	1.718,3	16.942,8
Abruzzi	2.094,9	335,8	861,4	-	161,1	3.453,2
Molise	240,7	681,1	217,9	-	164,8	1.304,6
Campania	673,3	2.046,8	855,8	-	1.028,4	4.604,2
Puglia	4,4	4.297,5	3.612,2	-	1.650,4	9.564,5
Basilicata	314,5	825,6	481,3	-	214,0	1.835,4
Calabria	1.521,0	1.906,3	636,3	-	1.024,3	5.087,8
Sicilia	146,4	2.922,4	1.893,3	-	259,2	5.221,3
Sardegna	360,5	1.657,0	952,5	-	689,6	3.659,6
Italia Meridionale e Insulare	5.355,8	14.672,5	9.510,8	-	5.191,7	34.730,8
ITALIA	58.545,4	15.178,3	22.306,4	5.916,3	18.732,4	120.678,9

Interessante può essere questa postilla finale: i **consumi energetici ad uso industriale** vengono spesso considerati un indicatore economico (per carità, spesso fallace). Se l'aumento di essi effettivamente corrisponde a un aumento della ricchezza e viceversa, allora negli ultimi 10 anni l'unica regione che "se la passa bene" in Italia è la Puglia (unico segno +).

	Totale		
	kWh/ab.		tasso medio annuo
	2004	2014	2014/2004
Piemonte	6.215	5.390	-1,4%
Valle d'Aosta	7.806	6.931	-1,2%
Lombardia	6.819	6.374	-0,7%
Trentino Alto Adige	6.254	5.932	-0,5%
Veneto	6.347	5.755	-1,0%
Friuli Venezia Giulia	8.120	7.726	-0,5%
Liguria	4.134	3.745	-1,0%
Emilia Romagna	6.419	5.948	-0,8%
Italia Settentrionale	6.455	5.935	-0,8%
Toscana	5.747	5.075	-1,2%
Umbria	6.603	5.575	-1,7%
Marche	4.916	4.321	-1,3%
Lazio	4.167	3.659	-1,3%
Italia Centrale	4.960	4.326	-1,4%
Abruzzi	5.236	4.499	-1,5%
Molise	4.642	4.015	-1,4%
Campania	2.812	2.774	-0,1%
Puglia	4.150	4.174	0,1%
Basilicata	4.514	4.183	-0,8%
Calabria	2.585	2.583	-0,0%
Sicilia	3.688	3.429	-0,7%
Sardegna	7.164	5.040	-3,5%
Italia Meridionale e Insulare	3.839	3.537	-0,8%
ITALIA	5.236	4.790	-0,9%

Smart grid e energy storage: sono il futuro, l'Italia le sta studiando ed è all'avanguardia, ancora difficile vederne un interesse economico (per le smart grid di più, esistono progetti pilota interessanti).

Termico+motori (energia chimica)

Difficile affrontare questo argomento. Sicuramente l'Italia ha avuto particolare interesse nell'automotive per i combustibili "verdi". Auto ibride a metano e elettricità sono diffuse più che in altri Paesi anche grazie all'azione

del produttore “di casa” Fiat. Una buona rete di distribuzione di metano per auto ha permesso un certo sviluppo di queste ultime. Peculiarità indiscussa italiana è lo sfruttamento di storiche fonti geotermiche (Toscana). Per ora principalmente per produzione elettrica, ma in ottica di diffusione di pompe di calore e altri sistemi di microgenerazione, cogenerazione, integrazione della generazione termica diffusa questo patrimonio di conoscenza ed esperienza industriale dovrebbe e potrebbe essere sfruttato. Perché è così importante l'argomento? Perché, anche in Italia, **il 45% dei consumi** finali complessivi è legato ai consumi di **energia termica** (riscaldamento e raffreddamento) che superano il consumo di energia per i **trasporti (34%)** e **doppiano abbondantemente i consumi elettrici (20%)**.

Automotive

Italia è leader in Europa per auto a metano vendute nel proprio Paese: sono 773.539 veicoli al 2015, il 2,1% del totale parco auto. In Italia la rete distributiva è abbastanza capillare, tuttavia il gap è dato dal fatto che in Italia ancora non esistono i self service, presenti invece in Francia, Germania e molti altri Paesi europei. **La Norvegia vince invece per numero di auto elettriche**: 18000. È seguita da Francia e Germania, ma si parla di volumi di vendite 50 volte inferiori. Una soluzione che sta prendendo piede in Italia è quella **dell'incentivo all'uso della bici nelle grandi città**, sicuramente con un grande gap rispetto ai Paesi del centro-nord Europa (inaugurata in questi giorni la prima autostrada per biciclette in Germania). Milano, Torino, Bari, Roma hanno implementato reti soddisfacenti di bike-sharing, ciclopeditonizzato alcune aree nevralgiche, imposto una tassa per entrare con veicoli inquinanti (a Milano entrare in area C con auto elettrica e a metano è gratis). Molto bisogna fare ancora per i **mezzi di trasporto pubblici a tutti i livelli**. Mezzi notturni anche da e per le province, parcheggi di interscambio diffusi, tariffe agevolate nelle città. Per quanto riguarda i treni, l'affare alta velocità dimostra di non pagare: gli investimenti ingenti non hanno incontrato la domanda sperata. I viaggiatori italiani preferiscono spendere poco che viaggiare veloce. Esiste un parametro che misura la fascia chilometrica al di sotto della quale il treno è più conveniente per il passeggero dell'aereo. In Italia si aggira sui 500/600 km, mentre in Giappone sugli 800/900. È una distanza da colmare, essendo il treno infinitamente meno inquinante dell'aereo.

Generazione termica

Stando ai dati del 2011 (ultimi disponibili) la fonte prevalente di energia termica è il gas naturale (63%) seguita dai prodotti petroliferi (gasolio, gpl, olii combustibili) con il 17%, dai combustibili solidi (carbone) al 6% e da un **6% di consumo di calore derivato (cogenerazione)**. I consumi di energia rinnovabile per usi termici pesano poco più del 7 per cento ma sono in costante aumento. Alle biomasse si affiancano, appunto, cogenerazione, trigenerazione, solare termico e pompe di calore. Anche in questo caso, è utile ricordare come due possano essere gli obiettivi principali:

- Affrancarsi dai combustibili fossili tradizionali industriali (gas, carbone, petrolio) a scopo economico o politico.
- Affrancarsi dalla produzione di CO₂, a scopo ambientale.

Nel primo caso biomasse, pellets, legno e gli altri combustibili diffusi (presenti in tutte le aree del mondo) sono considerati una possibilità. Di certo però, un camino a legna con fumi non trattati rischia di essere più inquinante di una caldaia a gas. Se l'interesse è limitare la CO₂ e in generale le emissioni, di maggiore interesse sono il geotermico a bassa temperatura, il solare termico, la cogenerazione e trigenerazione. Le illustreremo più avanti.

Per ora lo Stato italiano decide ancora di privilegiare gli investimenti sull'ammodernamento e la ristrutturazione ecologica degli edifici. Che non è male: limitare le dispersioni, quindi consumare meno e sprecare meno, è sicuramente la cosa più intelligente da fare, prima di produrre nuova energia.

Rinnovabili elettriche: costo o guadagno?

Le rinnovabili per generazione elettrica, al di là dell'indubbio interesse ambientale, costano o fanno guadagnare il cittadino italiano? Non è una domanda semplice, e di sicuro non troverete risposta in queste poche pagine. Mi limito a ripercorrere nei punti essenziali il ragionamento fatto nel già citato Renewable Energy Report 2015.

L'aumento della produzione da rinnovabili potrebbe influenzare due voci della bolletta domestica:

- Il PUN (prezzo unico nazionale) fittizio dell'energia, ottenuto come media dei prezzi a cui l'energia prodotta sul nostro territorio viene acquistata in ogni zona nelle varie fasce orarie.
- Le altre voci della bolletta: imposte, costo di dispacciamento, ecc.

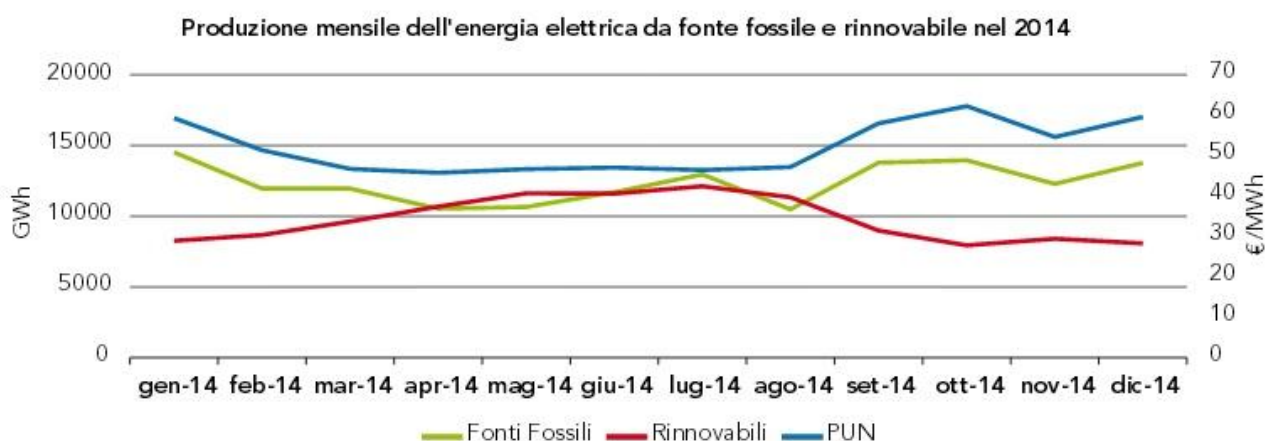
Analizzando queste voci (in pratica l'intera bolletta) negli anni da 2011 (boom rinnovabili) a 2014 si è ottenuto un prezzo costante della bolletta per periodo e per fascia oraria.

Correlazione con l'andamento del PUN

Il PUN è passato **dai 72,23 €/MWh del 2011 ai 52,08 €/MWh (-27,8%) del 2014**, in concomitanza con una crescita della produzione da fonti rinnovabili dal 29% del totale nel 2011 a ben il 44% del totale nel 2014.

Varie considerazioni:

1. Il PUN, negli anni analizzati, al contrario di quelli precedenti, **non ha correlazione con l'andamento del prezzo dei combustibili fossili nei mesi estivi**, dove eolico e fotovoltaico si fanno determinanti. Bensì, in quei mesi rimane costante e a un prezzo sotto la media (46€/MWh).



2. Si possono cercare correlazioni tra i vari fattori che caratterizzano l'andamento del PUN e il PUN stesso. Nessuna di queste, né la loro somma, riescono a spiegare una diminuzione così veloce e ampia del PUN senza pensare all'aumento della produzione da rinnovabili. Vengono trovati **due scenari estremi**.
 - a. Uno in cui è massimo (100%) nella diminuzione del PUN l'influsso dell'aumento di rinnovabili.
 - b. L'altro in cui è massimo l'influsso delle altre correlazioni (come detto, impossibile che, anche sommate, coprano il 100% della diminuzione. Le correlazioni sono con: la diminuzione del costo dei combustibili fossili (gas naturale, carbone, petrolio), la diminuzione dei consumi energetici, la diminuzione del PIL italiano. Per quanto riguarda le prime, l'influsso massimo si ottiene moltiplicando l'entità della diminuzione per la percentuale di energia ottenuta da quella fonte

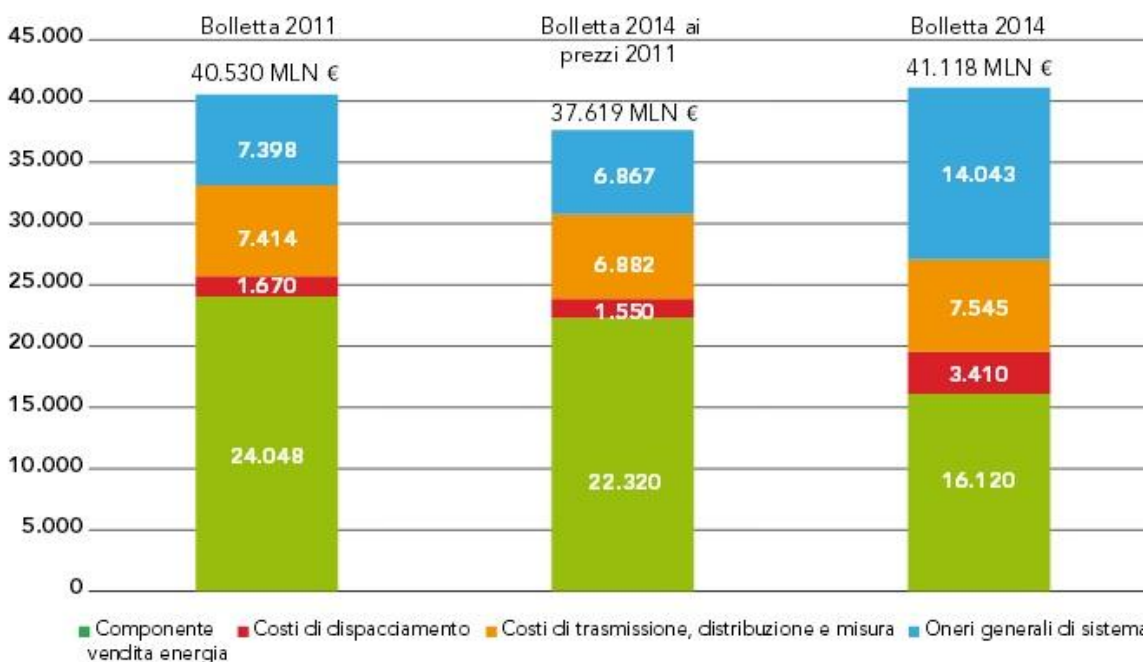
nel mix italiano (caso gas naturale: 18% di calo del prezzo * 34% di produzione da gas naturale=8% di massimo influsso sul PUN, e così via). Per quanto riguarda calo dei consumi e del PIL, si può ipotizzare al massimo un 3% di effetto. La somma: 8% + 1,7% + 0,2% + 3% = 12,9% dà il calo massimo possibile causato da questi valori. Il resto del calo 27,8 – 12,9 = 14,9% deve venire per forza dall'aumento ingente delle rinnovabili.

In ogni caso, **ben più della metà del calo del PUN è certamente dovuto alle fonti rinnovabili**. A spanne, considerando un consumo medio per famiglia di circa 2500kWh/anno in elettricità, siamo sui 25€ annui di risparmio per uno scenario medio tra i due.

Gli **investimenti totali dell'Italia in rinnovabili (dai vari Conti Energia) si stimano in 6,7 miliardi di €/anno**, per 20 anni, quindi sui 135 miliardi di € (altre stime parlano di 200 miliardi). Spalmando molto grossolanamente su tutti i MWh consumati annualmente in Italia il calo del PUN, si vede che già solo **nel 2014 il risparmio dell'utente Italia (di tutti i consumatori) sul costo operativo lordo dell'energia è stato di 1,5 miliardi di €/anno**. È il 22% dell'investimento. E il trend di calo è per ora costante. Mentre gli investimenti da parte di Italia sono finiti nel 2013, con il Quinto Conto Energia.

Correlazione con andamento altre voci

D'altra parte, con più rinnovabili, più generazione piccola e diffusa, più prosumers (produttori che sono anche consumatori), **aumenta il prezzo del dispacciamento**. E come già detto, **aumentano le tasse** (parte di esse sono per pagare l'investimento in energie rinnovabili). L'aumento nel costo del **dispacciamento è "quasi" trascurabile** (nell'ordine dei 3-5€/MWh). Mentre la decisione su quanto caricare dell'investimento in rinnovabili direttamente nella bolletta dipendono **dal legislatore**. Per ora, gli incentivi alle rinnovabili ricadono per la quasi totalità all'interno della bolletta (componente A3, in Oneri Generali di Sistema) e per questo la bolletta è aumentata (diminuisce il costo dell'energia, aumentano i costi correlati). Il trend futuro, tuttavia, dovrebbe tornare a farla diminuire, perché il PUN continuerà a diminuire e gli incentivi si esauriranno a scaglioni, tutti entro il 2032. O almeno, questa è la valutazione del Renewable Energy Report 2015.



Ultima postilla: **le tasse per le utenze residenziali italiane sono, a dispetto di quanto detto finora, tra le più basse in Europa**. Ciò fa sì che **l'energia in Italia costi poco per il consumatore singolo, ma troppo per le industrie**.

L'incentivazione in Italia

Un sommario del ruolo e dei modi dell'incentivazione in Italia fino ad oggi, di cui già si è parlato precedentemente analizzando l'evoluzione della bolletta elettrica.

Dal 2005 al 2013 sono esistiti in Italia dei sistemi di incentivazione alla generazione elettrica da fonte solare fotovoltaica definiti **Conti Energia**. Sebbene differissero nelle loro versioni, il principio era quello di:

- **Pagare** al prosumer (chi installa l'impianto di generazione) **l'energia prodotta** e ceduta alla rete.
- Permettergli di utilizzare direttamente l'energia prodotta, pagando inoltre **un incentivo** (circa la metà del prezzo pagato per l'energia ceduta) **per l'energia prodotta e consumata in loco**.

Dopo il 2013 il legislatore ha deciso che gli incentivi al fotovoltaico derivati dal Conto Energia **non fossero più sostenibili** (6,7 miliardi anno per 30 anni, a grandi linee) e ha sospeso quel tipo di tariffazione. Il **PBT** per i privati che installassero impianto fotovoltaico **era divenuto di circa 5-7 anni**.

Ora la principale forma di ammortizzatore dell'investimento è **lo sgravio fiscale IRPEF del 50%** (restituiti in 10 anni) **sulle ristrutturazioni edilizie** in cui l'installazione di impianti di generazione elettrica rientrano. Il **PBT** calcolato da Altroconsumo è **di 10-12 anni** (garanzia degli impianti di 20+ anni). Secondo il gruppo Energy & Strategy del Politecnico, inoltre, il nuovo metodo di incentivazione basato su "Registri" e "Aste" ha portato negli ultimi anni molti investitori a **non completare** (per le difficoltà dello strumento incentivante) **il proprio investimento**, provocando investimento "inoptato" (progettato, ma non portato a termine) per circa **820 milioni di € equivalenti a 2,4GW di installato**.

Ad oggi il modello poi di tariffazione dell'energia prodotta più conveniente è **lo scambio sul posto**, modalità con cui il titolare dell'impianto utilizza l'energia per i propri consumi e immette in rete l'eccedenza, venendo pagato a una tariffa di mercato di piccola generazione. Le possibili scelte e varianti riguardano invece gli oneri generali di sistema (la parte della bolletta non inerente ai consumi), che vengono pagati in maniera differente a seconda che un impianto abbia o meno qualifica SEU.

Appare però evidente che in Italia sia stato tirato il freno sulle rinnovabili e vi sia un nuovo interesse invece sulle risorse fossili e petrolifere, di nuovo avvantaggiate e incentivate dall'esecutivo nello Sblocca Italia.

2. Possibilità di incremento nell'immediato

Vediamo quali sono le possibilità realmente di **convenienza economica** nell'immediato per il singolo, per l'utenza industriale o commerciale, per gli enti.

Per i singoli consumatori

Consumi energetici per ambito di applicazione: RESIDENZIALE

- L'**abitazione residenziale** considerata, avente una superficie pari a **90 m²**, presenta le seguenti **caratteristiche «energetiche»**.
- Consumo elettrico annuale medio: 2.500 – 4.000 kWh/anno

DESTINAZIONE	QUOTA SUL CONSUMO TOTALE
ELETTRODOMESTICI	65% - 75%
ILLUMINAZIONE	10% - 15%
CONDIZIONAMENTO	6% - 12%
BOILER ELETTRICI	0% - 5%
PC, modem, piccoli elettrodomestici, etc.	5% - 7%

- Consumo termico annuale medio: 10.000 – 16.000 kWh/anno

DESTINAZIONE	QUOTA SUL CONSUMO TOTALE
RISCALDAMENTO	75% - 80%
PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARIA (ACS)	15% - 25%
CUCINA	1% - 3%

In Italia il legislatore ha reso **conveniente qualsiasi intervento che preveda ristrutturazione** della casa di proprietà. Per questi interventi c'è detrazione Irpef del 36% normalmente, del **50%** in questo momento (scadrà il 31 dicembre 2015, ma i rinnovi sono probabili, dato che sono avvenuti già in due precedenti casi). Ciò vuol dire che, non sbagliando di molto, ogni intervento che riguardi qualsiasi tipo di ristrutturazione edilizia (indipendentemente dalla finalità energetica) costa la metà. Essa si estende anche agli elettrodomestici di grandi dimensioni e a tutti gli interventi collaterali che permettano un passaggio a classe energetica maggiore (qui sì, deve esserci finalità di risparmio energetico). Quindi, divengono economicamente convenienti tutti questi interventi:

- **Fotovoltaico su tetto:** secondo Altroconsumo (che sta molto largo) l'investimento si ripaga in **massimo 12 anni** (PBT molto alto, ma comunque accettabile per l'utente guidato anche da coscienza etica). Con una garanzia di 20 anni dei pannelli, significa almeno almeno 8 anni di guadagni, anche senza incentivi, semplicemente scambiando sul posto. È in generale l'investimento più importante, ma più redditizio a lungo termine.
- Acquisto di **caldaie a condensazione** o altre utilità per il risparmio energetico.

- **Pompe di calore.**
- **Coibentazione** degli edifici più vecchi, sostituzione dei serramenti.
- Alcuni interventi di Intelligent **Building** (vedi Intelligent Building Report 2015, E&S, o vedi paragrafo successivo).
- Eccetera, molti sono gli interventi qui non elencati ma comunque di convenienza economica.

L'altro settore in cui sono convenienti investimenti in questo momento sono quelli dell'autoveicolo personale:

- Un **automobile a metano** non prevede un investimento più elevato, inoltre il metano è il combustibile per autoveicoli più fruibile dopo i derivati del petrolio (molto più fruibile, ad oggi, dell'elettricità).
- L'utilizzo dei **servizi per la condivisione dell'auto** o per servizi derivati sta prendendo piede con un trend estremamente positivo e crescente. A settembre 2015 l'1% della popolazione italiana utilizza un servizio di car sharing, ovviamente in percentuale nettamente maggiore nelle grandi città.

Per utenza privata industriale o di grandi dimensioni

Se per l'utenza singola la normale "economia domestica" e la parsimonia naturale del consumatore ha portato già nel tempo alla limitazione dei consumi e degli sprechi, ciò non è vero per le grandi utenze, soprattutto commerciali. Le strade paiono essere due:

- Per quanto riguarda la **limitazione dei consumi**, si parla di **intelligent buildings**.
- Per quanto riguarda diverse forme di **approvvigionamento di energia**, la **generazione diffusa passa da cogenerazione, trigenerazione, pompe di calore.**

Partendo dalla **limitazione dei consumi**, vediamo come sono ripartiti i consumi della GDO (Grande Distribuzione Organizzata) e cosa può essere conveniente economicamente migliorare.

Consumi energetici per ambito di applicazione: GDO

- L'edificio della GDO considerato, avente una superficie pari a **4.500 m²**, presenta le seguenti caratteristiche «energetiche».
- Consumo elettrico annuale medio: **400 – 800 kWh/m²**

DESTINAZIONE	QUOTA SUL CONSUMO TOTALE
IMPIANTI DI REFRIGERAZIONE	65% - 75%
CONDIZIONAMENTO	10% - 15%
ILLUMINAZIONE	6% - 12%
FORZA MOTRICE	0% - 5%

- Consumo termico annuale medio: **50 – 200 kWh/m²**

DESTINAZIONE	QUOTA SUL CONSUMO TOTALE
RISCALDAMENTO	90% - 95%
PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARIA (ACS)	3% - 6%
CUCINA E GASTRONOMIA	2% - 4%

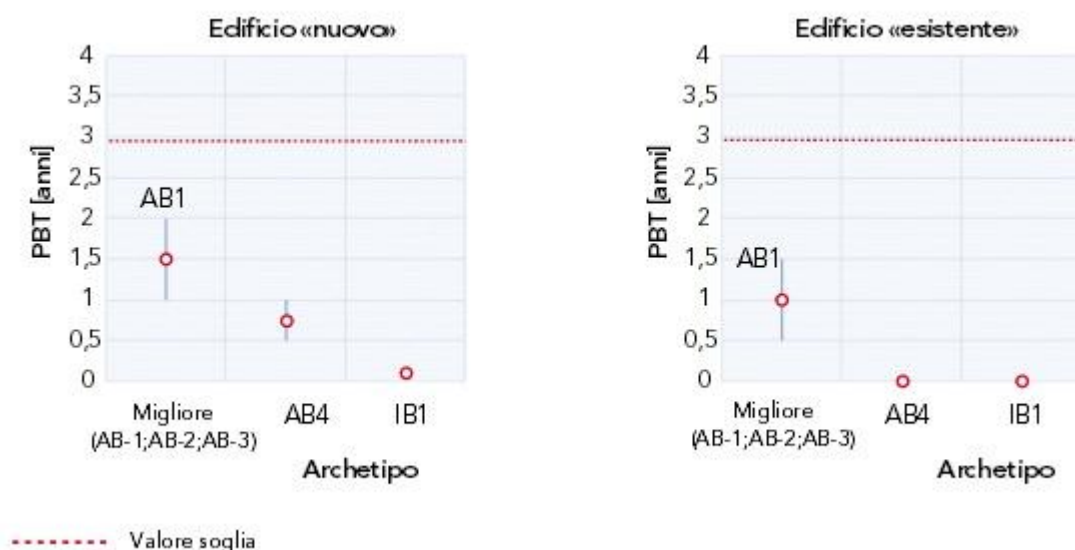
In questo caso **tutti gli interventi di Intelligent Building diventano convenienti** e risultano avere un PBT molto basso anche senza incentivazione. Considerando un livello di intervento alto (AB-4), ecco i costi:

Archetipo: AB – 4

DESTINAZIONE	TECNOLOGIA NECESSARIA			
ILLUMINAZIONE	N°30 attuatori	N°30 sensori	N°10 regolatori d'intensità	N° 2 centralina di controllo
CONDIZIONAMENTO	N°40 attuatori	N°40 sensori		N° 1 centralina di controllo
FORZA MOTRICE	N°25 attuatori	N°25 sensori		N° 1 centralina di controllo
INVESTIMENTO NECESSARIO «Edificio nuovo»	27.400 € - 37.000 €			
INVESTIMENTO NECESSARIO «Edificio esistente»	32.880 € - 44.400 €			

- Il costo di implementazione dell'archetipo **AB-4** in un edificio della GDO è di **6-8 €/m²** per un **edificio nuovo** e **7-10 €/m²** per un **edificio esistente**.

E i PBT, tutti ampiamente sotto soglia massima accettabile:



Ecco poi un quadro generale degli investimenti remunerativi:

- La tabella mostra il quadro riassuntivo della sostenibilità economica degli archetipi di Intelligent Building per le diverse tipologie di edificio, con riferimento al **PBT**.

AMBITO DI APPLICAZIONE	EDIFICIO	SCENARI	ARCHETIPI		
			Min (AB-1,2,3)	AB-4	IB-1
RESIDENZIALE	ABITAZIONE RESIDENZIALE	NUOVO	7 – 9 (AB-2)	18 – 24	10 - 13
		ESISTENTE	5 – 7 (AB-2)	11 - 14	9 - 11
NON RESIDENZIALE	GDO	NUOVO	1 – 2 (AB-1)	<1	<1
		ESISTENTE	0,5 – 1 (AB-1)	<1	<1
	UFFICIO	NUOVO	4 – 6 (AB-1)	9 - 11	7 – 9
		ESISTENTE	2 – 4 (AB-1)	4 - 5	5 – 6
	HOTEL	NUOVO	2 – 4 (AB-1)	1 - 2	<1
		ESISTENTE	1 – 3 (AB-1)	<1	<1
	OSPEDALE	NUOVO	1 – 3 (AB-2)	1 - 2	1 – 3
		ESISTENTE	<1 (AB-2)	<1	<1

■ PBT superiore al valore soglia ■ PBT inferiore al valore soglia

Ci si attende un valore di investimenti di circa **20miliardi di € nel prossimo quinquennio** nel settore, che quindi si attesta tra i più promettenti in campo tecnologico e energetico.

Passiamo **all’approvvigionamento di energia**, spiegano meglio i termini utilizzati all’inizio del paragrafo. Tre termini e tecnologie molto importanti per il futuro industriale di un Paese come l’Italia. Sì, perché l’Italia ha, come

più volte ribadito, tradizione nel geotermico per generazione elettrica, che richiede calore ad alta temperatura. Molto più diffuse, però possono le **fonti di calore a bassa temperatura**.

- Le **pompe di calore** sfruttano queste fonti per riscaldare un ambiente senza utilizzo di combustibile, ma sfruttando il lavoro di un compressore. Il lavoro utilizzato è molto più limitato del calore che servirebbe da un combustibile, e permette di avere disponibile calore a temperatura sufficientemente alta anche se la fonte non lo è in principio. In parole spicce: una pompa di calore può essere implementata più o meno in qualunque abitazione, e sfrutta razionalmente elettricità e una fonte geotermica per riscaldare (ma anche raffreddare) un'utenza residenziale, commerciale, piccolo industriale.
- La **cogenerazione** consiste nella generazione di potenza elettrica e termica all'interno della stessa unità operativa. Parte del fluido a cui è stato ceduto calore alimenta un ciclo termodinamico e genera elettricità. Altra parte del fluido entra in uno scambiatore con un ambiente che si ha interesse a riscaldare.
- La **trigenerazione** permette generazione di energia elettrica, riscaldamento e raffreddamento a partire dallo stesso combustibile (con l'aggiunta di un frigorifero ad assorbimento).

La caratteristica in comune ai tre impianti è la possibilità di avere rendimenti decenti anche per **piccola generazione** (perché poco va perduto, il ciclo termodinamico, anche se ha rendimento minore, non disperde calore, ma lo utilizza per l'utenza termica) e di avere **forte affinità tra carico e produttore**, in modo da poter soddisfare il mix di domanda senza sprechi e nell'immediatezza. La direzione di generazione diffusa e maggiormente indipendente dal mercato speculativo dei combustibili fossili è possibile e conveniente. Gli investimenti sono però ingenti, su misura di un privato di grandi dimensioni.

Aspetto importante della generazione di **energia termica** è che i consumi finali avvengono tramite dispositivi o impianti per la produzione di calore **installati presso gli utenti** e non direttamente tramite una distribuzione di rete, come avviene per l'elettricità. Questo avrà un impatto positivo sull'indotto (produzione, vendita e manutenzione di tecnologie) che **nel caso delle termiche rinnovabili avvantaggerà l'economia nazionale** visto che i dispositivi di cui sopra sono spesso prodotti dell'industria italiana articolata su diverse filiere (termoidraulica, termomeccanica, agroindustriale). Dunque gli incentivi, se ci saranno, avvantaggeranno l'industria tricolore invece di finire all'estero.

Stanno infine aumentando a vista d'occhio i **produttori di biogas da scarti agricoli**. Anche gas utilizzato direttamente per la locomozione. È un altro investimento di buon ritorno economico.

In generale, la tendenza è quella al **"fare rete" e all'evitare lo spreco**. Lo scarto di una filiera può essere utilizzato come risorsa all'inizio di un'altra filiera, ad esempio quella energetica. La via di breve periodo per i privati è questa, ed è tracciata.

Per gli enti

Un ente pubblico, locale o nazionale, deve in questo momento agire su due fronti:

- Deve scegliere uno scenario di breve periodo, in cui privilegiare lo sviluppo e la diffusione di ciò che al momento è conveniente
- Deve scegliere un piano di lungo termine che sia strategico a livello industriale (nuovi settori nascono).

Per quanto riguarda lo scenario di breve periodo, la scelta è stata fatta nella direzione, come già detto, di **favorire la ristrutturazione edilizia**. Seconda scelta è stata quella di **azzerare gli incentivi diretti alle rinnovabili**.

Accanto a queste misure, **l'ente nazionale** dovrebbe essere in grado di stimolare i settori industriali già avanzati nel nostro panorama, per diventare leader mondiale nei seguenti settori che caratterizzeranno il prossimo futuro:

- Geotermia, associata a fonti a bassa temperatura.
- ORC, associati o meno allo sfruttamento di fonti geotermiche a bassa temperatura (esiste polo d'avanguardia a Brescia).
- Energy Storage, tra le più grandi sfide del futuro (Fiamm).
- Smart grids, di sicuro la più grande sfida del prossimo futuro (Cesi).
- Moduli pannelli fotovoltaici e tutti gli strumenti correlati (ora in Cina si producono a una frazione del costo in Italia, noi dobbiamo incrementarne l'efficienza per uscire con nuovi prodotti e rimanere élite del mercato).
- Favorire nuovi impianti FER soprattutto delle due tecnologie con costo dell'energia minore (eolico e idroelettrico, anche mini), quindi più economicamente fattibile.
- Trattamenti a freddo dei rifiuti (TMB e simili).

Gli enti locali, più reattivi in molti casi del legislatore nazionale, hanno già implementato a vario livello tecnologie smart nelle proprie città (vehicles sharing, illuminazione, trasporti pubblici). I passi successivi, convenienti nel breve periodo, potrebbero essere:

- Sfruttare la **correlazione** esistente ora tra **ciò che è bello e ciò che è energeticamente efficiente**, a basso impatto ambientale o a basso consumo. Siamo in un periodo in cui è di moda “essere green”: pensiamo alla mobilità ciclabile, alle CaseClima o all'architettura sostenibile, alla pedonalizzazione dei centri storici, a eventi come l'Esposizione Universale che hanno temi quali l'energia e lo sviluppo sostenibile. Perché parlare di convenienza economica? Perché l'Italia, patria della bellezza, ha bisogno di rinnovare l'offerta turistica e soprattutto quella metropolitana. Siamo passati da essere primo paese per introiti turistici ad essere il sesto. Ormai la maggior parte dei Paesi si è orientata sull'offrire un turismo “smart” che passa obbligatoriamente per una città evoluta tecnologicamente: l'evoluzione si può e si deve fare in direzione “verde”.
- Il raggiungimento di **elevate percentuali di raccolta differenziata in tutta Italia**. La raccolta differenziata è molto remunerativa per chi la mette in pratica (tabella Overall Cost of Electricity nel capitolo 1) ancor più per l'impresa che effettua il conferimento dei rifiuti ai centri di raccolta, che per la effettiva produzione di energia.

3. Limiti delle rinnovabili

Perfetto, abbiamo parlato dell'immediato, del breve termine. Ma a lungo termine quali possono essere le prospettive delle rinnovabili? Fin dove si può arrivare razionalmente? Dove no? Per parlare di questo è necessario **evidenziare i limiti** principali delle rinnovabili.

Costi

Ne abbiamo parlato. Lo LCOE (Levelized Cost of Energy, costo “finale” della generazione di energia per ottenere un $NPV \geq 0$) per la produzione da qualsiasi rinnovabile è maggiore di quello per la produzione da qualsiasi fossile

(eccezion fatta, come già detto, per l'idroelettrico di grandi dimensioni e in alcuni casi per l'eolico off-shore). A cosa è dovuto questo fatto?

- I rendimenti sono bassi.
- Il costo specifico di investimento [€/kW] è alto.
- In alcuni casi (fotovoltaico, solare termico, eolico, ecc.) è pressoché inesistente l'economia di scala.

I primi due fattori sono semplicemente **dovuti alla relativa novità** della tecnologia: molto rapidamente i rendimenti stanno aumentando e i costi di impianto calando, quindi è lecito attendersi un costo specifico **nel tempo sempre più competitivo**. Probabilmente, **ci sarà sempre un gap** rispetto alle tecnologie a combustibile fossile o nucleare **per il limitato fattore di capacità (availability) delle fonti rinnovabili** che diminuisce il rapporto Energia Prodotta/Potenza installata [kWh/kWp]. Ne parleremo nel paragrafo seguente.

Il terzo fattore non cambierà, probabilmente, nel tempo. Ma potrebbe **non essere un problema**: le rinnovabili chiamano e spingono verso una **generazione diffusa della potenza**. Non più grandi centrali per ottenere grandi rendimenti, ma luoghi di produzione di dimensioni ridotte e diffusi in ogni luogo. Moduli solari su tetto, wind farms di piccole dimensioni (anche per limitare impatto visivo, se dovesse dimostrarsi un problema), geotermia da fonti a bassa temperatura per teleriscaldamento di comunità locali o di singole utenze. È la rivoluzione del **prosumer**, che richiede come mezzo la smart grid.

Fattore di capacità (availability)

Il principale, per non dire unico, problema delle fonti rinnovabili, che non verrà risolto con il passare del tempo, è la limitatezza del fattore di capacità di queste fonti. Si può riassumere questo limite dicendo che le risorse rinnovabili sono **imprevedibili e non sempre disponibili**. Se anche si riuscisse a installare una potenza davvero ingente, la loro produzione di energia non riuscirebbe comunque a seguire la domanda.

Il fattore di capacità è il **Numero di Ore Equivalenti** di produzione diviso per il numero di ore anno totali. Il numero di ore equivalenti si calcola in questo modo:

$$N_{eq} = \frac{E_{tot,y}}{P_{nom}} = \left[\frac{hours}{year} \right]$$

Dove:

$E_{tot,y}$ è l'energia effettivamente prodotta in un anno dall'impianto.

P_{nom} è la potenza nominale dell'impianto.

È, letteralmente, il numero di ore in cui l'impianto dovrebbe lavorare alla sua potenza "di picco", ovvero la potenza di progetto per ottenere la stessa produzione di energia annua. Il fattore di carico è $\frac{N_{eq}}{8760}$, e può variare da 0 a 1. Mentre un impianto a combustibile fossile o nucleare potrebbe, se richiesto, lavorare teoricamente tutto l'anno a piena potenza (fattore di carico lievemente minore di 1 solo perché sono previsti tempi di manutenzione periodica), un impianto a fonte rinnovabile no. La **sua availability dipende dalla disponibilità della fonte di energia** in quel momento. Per intenderci, un impianto fotovoltaico di certo non funziona di notte, e funziona a carico parziale quando il clima è nuvoloso; un impianto eolico ha bisogno di vento e di un apposito range di velocità di quest'ultimo per produrre alla potenza nominale; un impianto idroelettrico di montagna può produrre fino a che il bacino di immissione non si svuota (o, se ho interesse a una produzione costante, può produrre fino a che la portata di acqua uscente non è maggiore di quella di acqua entrante).

In generale, le fonti rinnovabili sono:

- Variabili;
- Non (facilmente) prevedibili, certamente non a lungo termine e con precisione.

Tutte le fonti rinnovabili hanno un numero di ore equivalenti molto più basso delle fonti fossili (eccezion fatta per il geotermico). Nella tabella vediamo i dati delle ore equivalenti medie per fonte rinnovabile (FER) nel 2012 in Italia. Ovviamente, di anno in anno le medie cambiano anche sensibilmente in relazione al tempo atmosferico registrato. E i valori singoli variano sensibilmente da zona geografica a zona geografica (Ricorda: il valore teorico di un impianto a **combustibile** è molto vicino a 8760, immaginiamo **una media di 8500**).

Ore equivalenti	2012
Idraulica	2.297
Eolica	1.651
Solare	1.149
Geotermica	7.244
Biomasse, Biogas e Bioliquidi	3.284
Totale FER	1.948

Fonte: Elaborazione FENR da dati GSE

Il numero di ore equivalenti basso genera due principali problemi:

- Per una determinata produzione annua di energia prevista, ho bisogno di **installare più potenza** (un impianto di dimensioni maggiori, un costo di investimento più alto).
- In più, queste “ore” di produzione **non possono** a priori **essere previste** nel tempo con precisione. Seguono la disponibilità della fonte.

Per questo secondo motivo, **gli impianti FER hanno** nel nostro sistema elettrico **priorità di dispacciamento**. Ciò vuol dire che l’energia prodotta da questi impianti viene fornita al carico appena disponibile. Gli impianti di altro genere seguono invece la curva di carico richiesto momento per momento.

Difficoltà di stoccaggio

La difficoltà di stoccaggio (energy storage) è **un problema che riguarda per la verità tutta l’energia elettrica, non solo le fonti rinnovabili. Mina tuttavia particolarmente all’utilità di queste ultime.**

Cosa significa difficoltà di stoccaggio e perché è un problema per le rinnovabili? L’energia elettrica non è una forma di energia stabile (steady): una volta esistente, è **impossibile il suo confinamento in uno spazio circoscritto e la conservazione in quella forma**. Per essere conservata, deve essere trasformata in altri tipi di energia. Per esempio, le batterie si “caricano” trasformando dell’energia elettrica in ingresso in energia chimica. Per i combustibili, riserve appunto di energia chimica, questo non risulta un problema: il decadimento della loro struttura chimica è pressoché nullo, si tratta semplicemente di trasformare la loro energia chimica in elettrica nel momento in cui un carico elettrico ne richieda. Stesso dicasi per il combustibile nucleare, sebbene in questo caso si parla di molecole più instabili, con reazioni una volta innescate difficili da bloccare. Per le fonti rinnovabili

non è così semplice. Le fonti rinnovabili sono date da azioni fisiche o chimiche **spontanee** (moto dei venti o ondoso, irraggiamento solare, caduta di un grave, ecc.) che producono potenza sfruttata dall'uomo e trasformata in altra forma: appunto quella elettrica. **La trasformazione, e quindi l'utilizzo, avvengono nel momento esatto in cui vi è possibilità. Né prima, né dopo.** Per non rischiare di avere troppa o troppa poca disponibilità di energia in un determinato momento, è necessario sviluppare meccanismi (e con essi gli strumenti) per l'energy storage. Si tratta di **trasformare l'energia elettrica in energia di altra forma e di conservarla**. Abbiamo parlato di batterie: non è possibile per ora produrne di capacità sufficientemente elevate a un uso massivo adatto alle necessità di una rete elettrica nazionale (men che meno globale).

4. Prospettive e scenari a lungo termine

Gli scenari a lungo termine per le rinnovabili sono molteplici e importanti. Questo perché, accanto ai limiti di cui abbiamo parlato, i vantaggi sono innumerevoli:

- Sono distribuite su tutto il pianeta, al contrario delle risorse fossili concentrate in ristretti bacini.
- Sono infinite. Almeno per il concetto terrestre del termine.
- Gli impianti di generazione a fonte rinnovabile possono essere considerati impianti con costo del combustibile 0 o negativo.
- Sono quasi tutte a emissioni di carbonio nulle o molto basse.
- Favoriscono la generazione distribuita, quindi l'investimento di piccoli investitori.

La loro crescita nel lungo termine dipende da quello che succederà in questi anni (il COP21 del dicembre 2015 e altri momenti di questo calibro). L'aumento di produzione da rinnovabili potrà essere visto:

- come strategia per fermare l'aumento di concentrazione di CO₂;
- solamente come deterrente alla fine delle riserve fossili.

Nel primo caso, la crescita potrebbe essere vertiginosa, non essendo legata a fattori economici. Nel secondo meno, semplicemente vi sarà aumento graduale del costo dell'energia da combustibile fossile che aumenterà da un lato la quantità delle riserve e dall'altro la convenienza delle fonti rinnovabili, anch'esse interessate da una variazione dei costi, ma in negativo.

Il **primo scenario** è effettivamente **più probabile**, perché l'inquinamento diviene malessere velocemente nei Paesi che cresciuti economicamente così tanto negli ultimi anni (Cina e India), che sono anche i più popolati della Terra. La crescita sociale segue con una certa distanza quella economica, ma presto "mezzo mondo" inizierà a reclamare politiche per la drastica riduzione di CO₂ e inquinanti. La questione sarà allora quali manovre si adotteranno e come.

Nel **secondo scenario** sarà decisiva la speculazione sul mercato dei fossili: se il petrolio tornasse a 100 dollari barile, come non più di un anno fa, ci sarebbe una forte spinta verso le rinnovabili e il nucleare. Se la situazione rimanesse a lungo quella odierna, potrebbe invece dimostrarsi stabile ancora per lungo tempo.

Difficile, in ogni caso, immaginare che il cambiamento del mix di produzione non varierà i nostri stili di vita. Non sarà una transizione indolore. Già ora l'impegno ambientale ha modificato le nostre abitudini, introducendo raccolta differenziata o le giornate senza traffico. In futuro vi saranno sicuramente da modificare gli usi per

quanto riguarda mezzo di trasporto, riscaldamento e raffrescamento ambienti, gestione dei rifiuti e dei materiali in generale, eccetera.

Mezzi

Ma quali sono, effettivamente, i mezzi con cui aumentare a lungo termine la produzione da rinnovabili? Vediamo.

Variazione del mix di produzione energetica

Il mezzo, se così si può chiamare, che li racchiude tutti è la variazione graduale del mix energetico. Non si può pensare che un cambiamento così radicale avvenga in breve tempo e in maniera discontinua. Invece è lecito attendersi e creare le condizioni per cui, nel tempo, non si areni il trend virtuoso innescatosi dal 2008 circa, in cui in Paesi come l'Italia **le centrali fossili a fine vita non sono in alcuni casi state rinnovate**. Al loro posto la **generazione diffusa ha preso piede** in seguito a investimenti privati e pubblici. Gli strumenti incentivanti che oggi vengono eliminati dai Paesi più avanzati devono trovare negli anni una sostituzione, almeno fino a quando i prezzi della generazione da rinnovabili non diverranno competitivi. E le prospettive sono importanti: IEA (International Energy Agency) prevede che, se oggi la generazione elettrica mondiale proviene per il 65% da combustibile fossile e per il 25% da rinnovabili, le percentuali si ribalteranno entro il 2050. Il rapporto 2014 di IEA effettivamente indica la produzione da rinnovabili come il 65% della produzione elettrica totale in quell'anno.

Energy storage

Le fonti rinnovabili non seguono le curve di carico, poiché la loro disponibilità non è a nostra discrezione. Le reti elettriche nazionali, invece, comunicano costantemente agli impianti di generazione di potenza esattamente quanta potenza produrre. Ciò significa che anche se, di colpo, il nostro sistema di generazione si sostenesse per il 100% su fonti rinnovabili, avremmo un problema di fornitura di energia nei momenti in cui il mix rinnovabile genera meno, e dovremmo sprecare (o meglio non produrre) energia in alcuni momenti in cui l'offerta superi la domanda. Per ovviare a questi due problemi, è necessario che il prossimo futuro si concentri su soluzioni per stoccare ingenti quantità di energia. Si parla di diversi ordini di grandezza in più rispetto alla capacità della più imponente batteria mai costruita. Le soluzioni che si stanno studiando o sperimentando attualmente sono soprattutto di queste tipologie:

- Modello batteria, uno strumento in cui l'energia sia trasformata e stoccata come energia chimica o elettrochimica (le più diffuse oggi: al piombo-gel e agli ioni di litio).
- Metodi meccanici, in cui l'energia sia utilizzata per compiere lavoro meccanico che permetta di immagazzinare energia potenziale, ad esempio come energia potenziale di posizione (l'idroelettrico di pompaggio).

Il futuro potrebbe vedere l'**idrogeno** come fluido incamerante energia, ad esempio con l'applicazione nelle celle a combustibile.

Al momento batterie di grande capacità sono state provate per l'accumulo di energia da impianti fotovoltaici. Alcuni produttori hanno calcolato che **l'integrazione di una batteria all'impianto di generazione** porta i livelli di autoconsumo di un'utenza elettrica media residenziale da un iniziale 40% all'80%. Le batterie hanno tuttavia un costo molto elevato e il PBT dell'investimento rimane sui 10 anni. Non è difficile però immaginare un futuro a breve e lungo termine in questo senso. Anche in questo caso le rinnovabili aprono la via della generazione diffusa, permettendo la nascita di comunità o unità indipendenti e autosufficienti. Per fare un piccolo calcolo (riportato anche sulla webzine QualEnergia.it): una famiglia media italiana consuma annualmente 3000 kWh di energia elettrica. Al giorno, 8 kWh. Il 50-70% (a seconda delle abitudini e degli stili di vita) avvengono di sera o di notte, quando l'assenza della luce del sole non permette generazione di energia da fotovoltaico. Sarebbe quindi necessario rendere disponibile durante la giornata un surplus di energia di circa 4-5 kWh. Con un impianto da 3

kWp e una batteria al piombo-gel da 5,5kWh si potrebbe ottenere questo risultato, con un investimento complessivo attualmente di circa 14000 euro, di cui 11000 per la sola batteria. Potrebbe essere una soluzione per una comunità montana, per abbattere ad esempio i costi di trasmissione e manutenzione della rete dove essi sono effettivamente elevati e i carichi di dimensioni modeste. Diversi tipi di soluzioni potrebbero invece essere adatti alla metropoli, dove unità di autoconsumo hanno poco senso di esistere. Per questo tipo di utenze (che poi sono le più importanti a livello di fabbisogno energetico) è necessario si sviluppino nuovi meccanismi di energy storage di dimensioni molto più elevate. Con la conseguente economia di scala (entro il 2020 si prevede già un decremento del costo delle batterie a ioni di litio, per arrivare a circa 450 \$/kWh).

Per quanto riguarda la seconda tipologia, **l'idroelettrico di pompaggio è di sicuro la tecnologia più diffusa**. Esiste dagli anni '50 e ha sempre regolato gli scompensi della produzione nucleare (la sua bassa flessibilità di impiego portava a una offerta di energia più elevata della domanda durante la notte). Il principio è quello di utilizzare eventuale energia in eccesso immessa in rete per pompare acqua a un bacino ad altitudine più elevata, in modo da sfruttare la sua prevalenza nel momento di necessità. In Italia, l'energia elettrica prodotta da impianti di pompaggio è negli ultimi anni stabilmente intorno al 2% del totale della produzione. In futuro, potrebbe esserci un ritorno all'impiego massiccio di questo strumento, il cui limite è sicuramente nella capacità massima dei bacini e nei rendimenti non elevatissimi dei processi di pompaggio e caduta (negli impianti attuali si recupera circa il 70% dell'energia prodotta in origine).

In generale, nel prossimo futuro **lo sviluppo di questo settore sarà imponente** e potrebbe contribuire a ovviare al problema della bassa availability di quasi tutte le fonti rinnovabili. Dall'aprile 2015 è stata anche emessa la delibera nazionale che regola i sistemi di accumulo ed esistono ora incentivi su progetti pilota per sistemi di accumulo. Il mercato può partire.

Smart grids: ottimizzazione di produzione e consumo

Le reti intelligenti sono reti elettriche in cui oltre all'energia **viene passata un'informazione** sullo stato della rete. Una rete "smart" diviene interessante e necessaria nel momento in cui non vi sia più uno schema statico della rete, con un impianto di generazione di potenza e tanti carichi, bensì un insieme di piccole **unità di generazione e consumo in simultanea**. Se molti utenti (di qualsiasi dimensione) possono essere sia produttori, sia consumatori, allora è necessario mettere in comunicazione tutti per definire chi, come e quando preleverà o immetterà energia in rete.

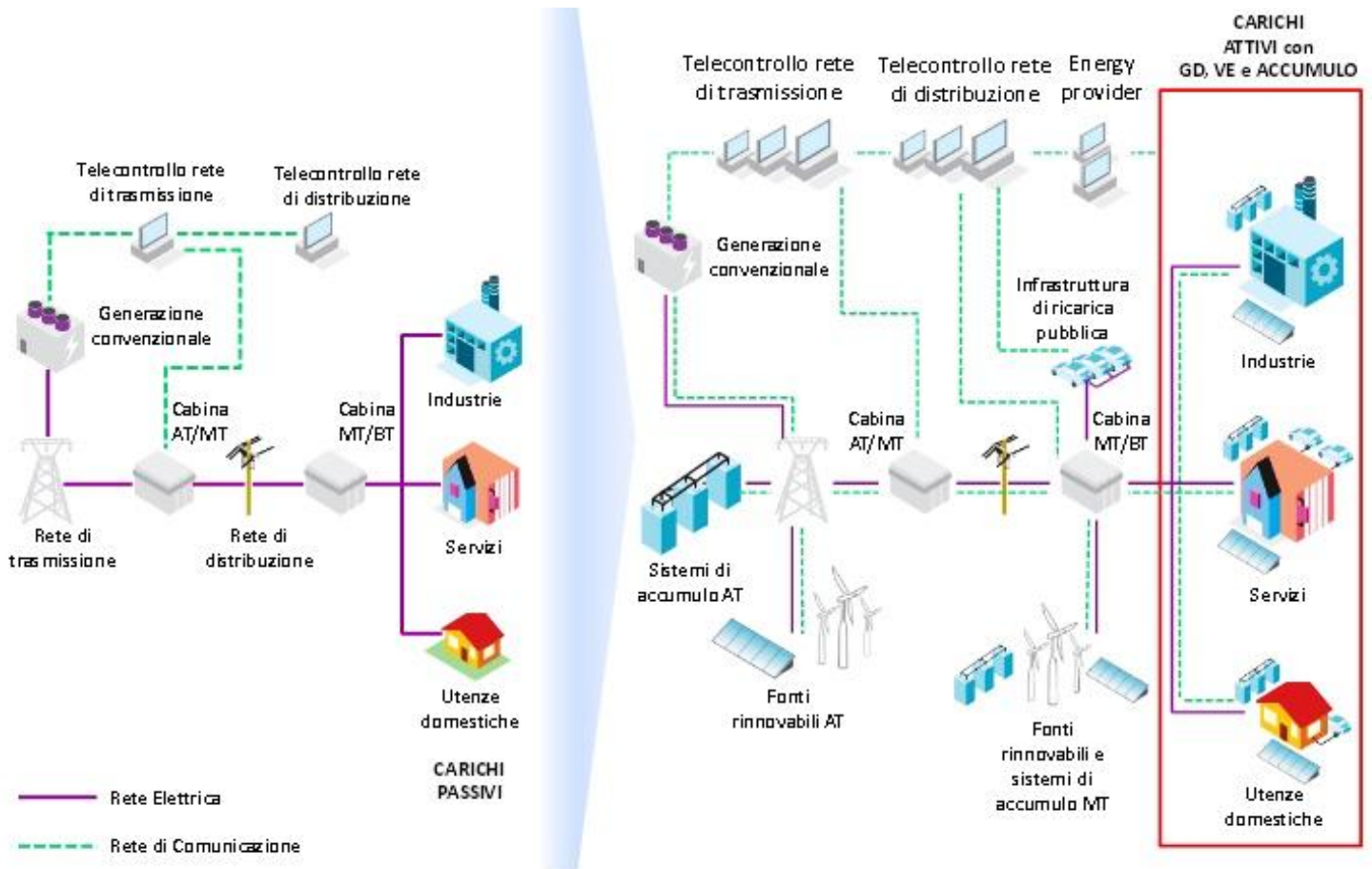


Figura 18. Passaggio ad un sistema elettrico smart.

Oggi è la produzione che si adatta costantemente al carico richiesto: il gestore del servizio elettrico richiede ogni pochi minuti una certa potenza a ognuno degli impianti di generazione, a seconda dell'andamento dei carichi. La scommessa delle smart grid è quella di cambiare la logica del funzionamento convenzionale della rete. In futuro si potrà e dovrà **adattare il comportamento dell'utente alla disponibilità di energia nella rete, invertendo la logica odierna**. In pratica si tratta di aiutare un comportamento flessibile dell'utenza in base alla disponibilità dinamica di energia in rete. Tutto ciò per avere una rete adatta alla produzione da rinnovabili in percentuale dominante, con l'ausilio dei sistemi di accumulo energetico.

Gli sviluppi possibili sono molto vasti e interessanti. Già abbiamo visto l'introduzione del contatore elettronico, primo passo verso la smartness della rete, lato consumatore. Sviluppi futuri interessanti si stanno progettando anche legando smart grids e mobilità elettrica: un crescente numero di veicoli elettrici e una programmazione dei loro utilizzi potrebbero fare sì che essi si rendano disponibili come sistemi di energy storage quando fermi,

per poi ricaricarsi nel momento immediatamente antecedente l'utilizzo. L'obiettivo è sempre quello **di adattare il carico alla possibile produzione di potenza, non più il contrario.**

Dal punto di vista prettamente italiano, **il mercato di casa potrebbe diventare il leader mondiale del settore**, in quanto la nostra rete ha da sempre un livello tecnologico al di sopra della media dei Paesi industrializzati. Esistono ora incentivi sull'ammodernamento delle reti a bassa tensione e su progetti pilota per smart grids.

Alternative alla generazione elettrica da combustione

La combustione è il processo principe attraverso il quale si produce energia elettrica. Il grande limite della combustione (oltre alla produzione di CO₂) e dei cicli termici in generale è il rendimento: esso è limitato superiormente dal rendimento di Carnot (rendimento del ciclo reversibile)

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

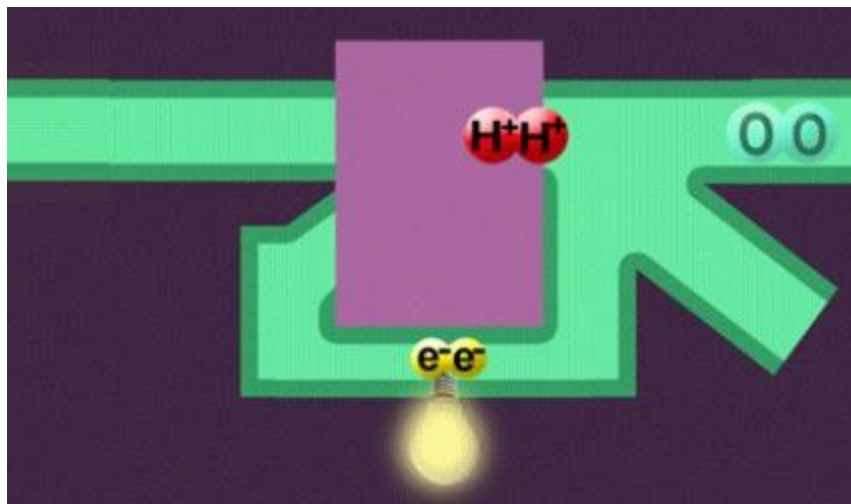
Dove

T_1 è la temperatura della sorgente calda del ciclo

T_2 è la temperatura della sorgente fredda, dove si scarica il calore (di solito l'ambiente)

Appare evidente che il rendimento massimo è ben al di sotto dell'unità, a meno che la sorgente calda sia a temperatura infinita o quella fredda allo zero assoluto, situazione ben lontana dalla realtà (dove il limite per ora ipotizzabile non supera l'80%). La soluzione alla radice sarebbe trovare **alternative alla combustione per la generazione elettrica.**

Ad esempio **la conversione elettrochimica**, ovvero il principio delle **celle a combustibile** (fuel cells). Consiste nel privare un combustibile dei suoi elettroni, per farli passare in un circuito e generare una corrente elettrica. Ad esempio, si può usare l'idrogeno come combustibile e l'ossigeno come comburente, che rilasciano come prodotto acqua e energia.



Le applicazioni industriali per le celle a combustibile sono ancora limitate, e comprendono, tra le più famose, **l'auto a idrogeno.**

Passaggio da generazione termica ad elettrica

Come già ribadito, il campo di eccellenza della produzione da rinnovabili è quello elettrico. Inoltre, un mondo che vuole liberarsi dal carbonio in atmosfera deve liberarsi dalla combustione. Appare quindi evidente che fino a che le proporzioni delle tipologie di energia utilizzate nel mondo saranno quelle definite all'inizio del testo (con l'energia termica che la fa da padrona, essendo il fabbisogno termico quasi 5 volte superiore a quello elettrico) poco impatto avrà sull'ecosistema mondo la rivoluzione rinnovabile. È necessario pensare a lungo termine di **modificare i nostri consumi in direzione elettrica, una volta che si sia raggiunto in questo settore una buona indipendenza dalle fonti fossili** (ad esempio, se davvero nel 2050 si avrà una produzione elettrica solo per il 20-25% legata ancora alle fonti fossili). Se ciò è gradualmente pensabile nei Paesi occidentali, più difficile appare nei Paesi in via di sviluppo. Per un sistema elettrico efficiente e sovente aggiornato secondo le nuove BAT, servono investimenti e stabilità politica.

Come può essere possibile, già da oggi? È necessario comprendere a cosa serve soprattutto all'uomo l'energia chimica derivante da combustione: ai trasporti e al riscaldamento degli ambienti.

Per i **trasporti**, si attende ormai da anni la **rivoluzione elettrica**. È necessario un piano industriale globale che porti i maggiori costruttori mondiali a progettare mezzi competitivi e adatti alle esigenze del trasporto su gomma odierno. Parallelamente a questo, gli enti nazionali (e le aziende di generazione e distribuzione elettrica, spesso statali) devono rendersi disponibili a creare la rete di infrastrutture necessarie a questo tipo di mobilità (vedi paragrafo su smart grids). Andando oltre, è auspicabile **almeno nelle medio-grandi città** (il 54% della popolazione mondiale risiede in città) una rivoluzione del trasporto più netta, in direzione della **limitazione estrema del trasporto privato** e dell'incremento massiccio di quello pubblico, storicamente elettrico. I tempi e i modi sono difficilissimi da analizzare, in quanto si parla di investimenti di multinazionali o di enti nazionali.

Per il **riscaldamento**, invece, vi sono **soluzioni diffuse** che potrebbero già essere applicate massicciamente, qualora sia di interesse passare da consumo termico a elettrico. Ad esempio le **pompe di calore e la cogenerazione**, già analizzate. In esse, rispettivamente, un motore elettrico e una fonte naturale sostituiscono una fonte di calore fossile, oppure il calore viene prodotto come alternativa in un ciclo per la produzione elettrica.

Molto ancora potremmo parlare, ma è sufficiente avere definito una direzione: se effettivamente le rinnovabili chiamano la produzione elettrica più di altre, allora ci sarà bisogno di seguirle e spostarsi su questo tipo di energia, che finora soddisfa solo il 20% delle nostre esigenze.

Controversie “rinnovabili”

Dopo aver analizzato gli importanti sviluppi che è utile perseguire in ottica rinnovabile, analizziamo qualche caso “controverso” della produzione energetica “verde”. Sono casi in cui i **fattori sociali e ambientali contrari** a una produzione massiccia proveniente da queste fonti **non sono trascurabili**.

- **I biocarburanti**

Da molto si parla di alternative ai combustibili fossili offerte da altri tipi di combustibili, ritenuti “più naturali e rinnovabili”. La produzione termica da olio di colza, di mais o derivati è in molte situazioni borderline una pratica già da anni consolidata. Essa risponde però esclusivamente all'esigenza di mantenimento nel tempo delle riserve di combustibili fossili (e, motivo per il quale esistono i biocarburanti, all'esigenza di risparmio economico di chi ne fa uso), non essendo libera dall'emissione di CO₂. Il che non è l'unico problema. Infatti molti organismi internazionali, non ultimo il FMI, hanno evidenziato come **il prezzo del mais**, materia prima dell'etanolo, un biocarburante, sia schizzato alle stelle nel 2006 in corrispondenza di un boom di produzione di questo prodotto. Il mais è alla base dell'alimentazione mondiale. Utilizzarlo massivamente come fonte non di nutrimento, ma di

carburante, ha già portato alla **crisi alimentare** nei Paesi dell’Africa subsahariana e lo farà sicuramente di nuovo se la tendenza proseguirà. È effettivamente lecito chiedersi se ne valga la pena.

- **L’energia nucleare**

È spesso considerata una tecnologia green di produzione (la Svezia, Paese al 50% rifornito da nucleare, riuscirà in pochi anni a liberarsi dai combustibili fossili proprio grazie a un mix nucleo-rinnovabile), poiché le riserve di uranio sono disponibili per migliaia di anni di utilizzo. Ma è molto utile, anche in questo caso, riflettere su cosa comporti la produzione da nucleare. I problemi sono principalmente relativi a **incidenti** e **scorie**.

Per quanto riguarda **gli incidenti**, la sicurezza di questo tipo di centrali è negli anni incrementata. In particolare siamo entrati nella IV generazione di centrali, quelle che saranno costruite dal 2020 in poi. In ogni caso, Fukushima ha dimostrato la difficoltà nell’evitare del tutto l’incidente e il grave imprevisto. Le vittime accertate, al momento e negli anni successivi agli incidenti, dei due più grandi incidenti della storia (Chernobyl e Fukushima) sono difficilmente calcolabili e le stime sono estremamente discordanti, di vari ordini di grandezza. Per quanto riguarda Chernobyl, una stima ufficiale parla di 4600 morti, mentre un rapporto di Greenpeace stima dai 100 mila ai 270 mila morti correlati direttamente alla strage. Addirittura, altre inchieste parlando di 6 milioni di tumori direttamente correlati alla strage. Per Fukushima non si parla ancora di un bilancio di vittime, essendo solo state fatte delle stime sull’aumento della mortalità nel periodo 2011-2014 nell’area, che comunque rivelano grosse anomalie. Le conseguenze sull’ambiente sono invece ben più visibili e direttamente imputabili alla strage. Sono inoltre ben più gravi di quelle occorse a Chernobyl, a evidenziare quanto il perfezionamento tecnologico non abbia potuto giovare oltre un certo livello: infatti, mentre a Chernobyl era stato possibile isolare la centrale e le strutture ausiliarie in un sarcofago stagno, a Fukushima questo non è stato possibile. Di conseguenza, l’acqua di raffreddamento del nocciolo si è espansa nel terreno arrivando alla falda e contaminando le acque dell’intera area. Continuerà nella sua incessante opera per almeno 20 anni. Dopo un iniziale via libera, la pesca e il consumo di pesce sono stati proibiti per ragioni sanitarie e negli studi sugli esseri viventi della zona si sono riscontrati tassi altissimi di radioattività. Dall’altra parte, l’inquinamento dell’aria conseguente a un massiccio uso di fonti fossili causa 3,3 milioni di morti all’anno. Questo secondo un recentissimo studio di Nature (Settembre 2015) che si basa su un modello chimico che analizza gli effetti sulla popolazione di 7 diversi inquinanti.

Per quanto riguarda le scorie, invece, due sono i fattori principali da evidenziare. Per prima cosa, la quantità di scorie effettivamente ad alta radiazione (HLW, high-level waste) sono una bassa percentuale del totale, intorno al 3%. Una centrale da 1000 MWe produce in un anno 100 m³ di scorie: di questi, quindi, solo 3 sono effettivamente rifiuti altamente radioattivi e con un lungo ciclo di vita. Secondo fattore, tuttavia, è che anche una piccola quantità di rifiuto radioattivo rimane radioattiva per almeno 1000 anni, ed è instabile e di difficile isolamento per tutto questo ciclo. Occuparsi di una centrale nucleare costruita oggi e delle sue conseguenze è una faccenda che riguarderà anche gli uomini di 30 generazioni dopo di noi.

Quindi, l’energia nucleare è una forma di energia da utilizzare con tutte le precauzioni del caso, considerando che **i tempi di messa in operatività e di smantellamento e smaltimento sono di vari ordini di grandezza superiori a quelli delle centrali convenzionali e che gli incidenti, sempre possibili, hanno conseguenze ben più tragiche**. Tuttavia è **un’alternativa immediata e la più competitiva economicamente** all’economia basata sui combustibili fossili, e può dirsi **CO₂ free**.

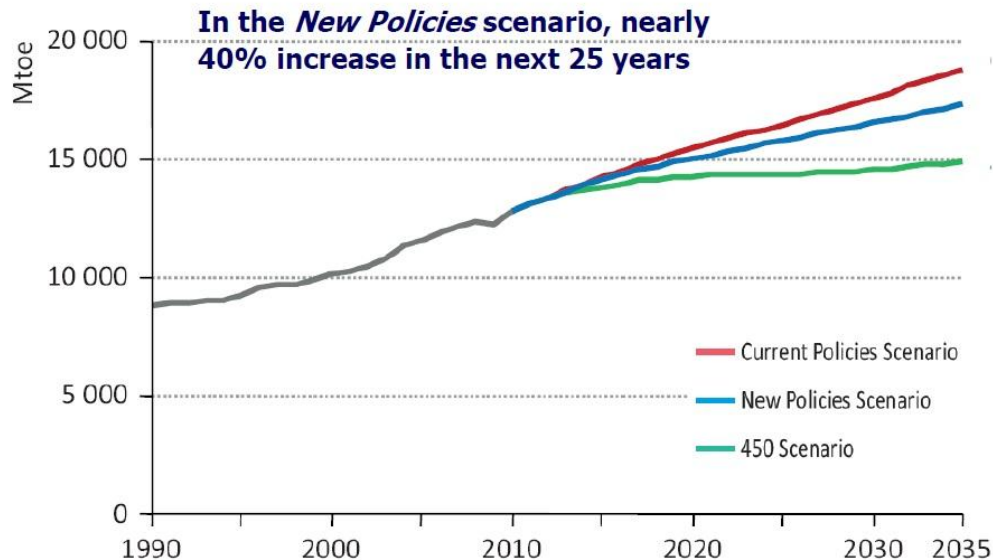
Le prospettive

In conclusione: quali sono effettivamente le prospettive a lungo termine ragionevolmente auspicabili per le rinnovabili e per l’emissione di gas serra in generale?

È difficile dare previsioni affidabili oggi, perché gli eventi che potrebbero portare decisamente in una direzione o in un’altra stanno avvenendo mentre scriviamo. Proprio per questo il **World Energy Outlook** e altri vari documenti previsionali stabiliscono solitamente **tre diversi scenari**: uno in cui non avvengano significativi

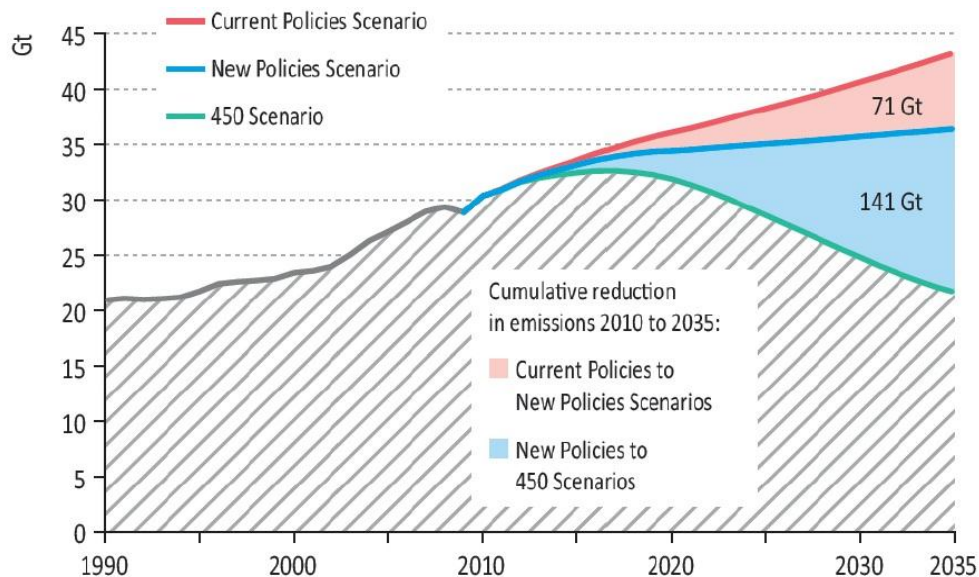
cambiamenti nella politica energetica globale, ovvero uno scenario Business As Usual (Current policies); uno in cui vengano introdotte verosimili nuove politiche (New policies); uno molto aggressivo in cui ci si ponga un limite stringente sulla concentrazione di CO₂ in atmosfera (450 ppm). Riferendoci agli Outlook del 2011, del 2012 e del 2014, questi scenari differiscono per vari fattori.

L'aumento del fabbisogno di energia primaria, cioè il totale di energia utilizzato, calcolato in migliaia di tonnellate di petrolio equivalenti per anno (Mtoe). Questo fattore risentirà da qui al 2040 dell'aumento demografico (da 7 a 9 miliardi di persone), dell'aumento di intensità energetica che seguirà lo sviluppo di molti Paesi e in ultima analisi delle politiche sui consumi che si introdurranno. Quindi questo aumenterà, e non in modo trascurabile, in ogni caso.



Source: World Energy Outlook 2012, International Energy Agency

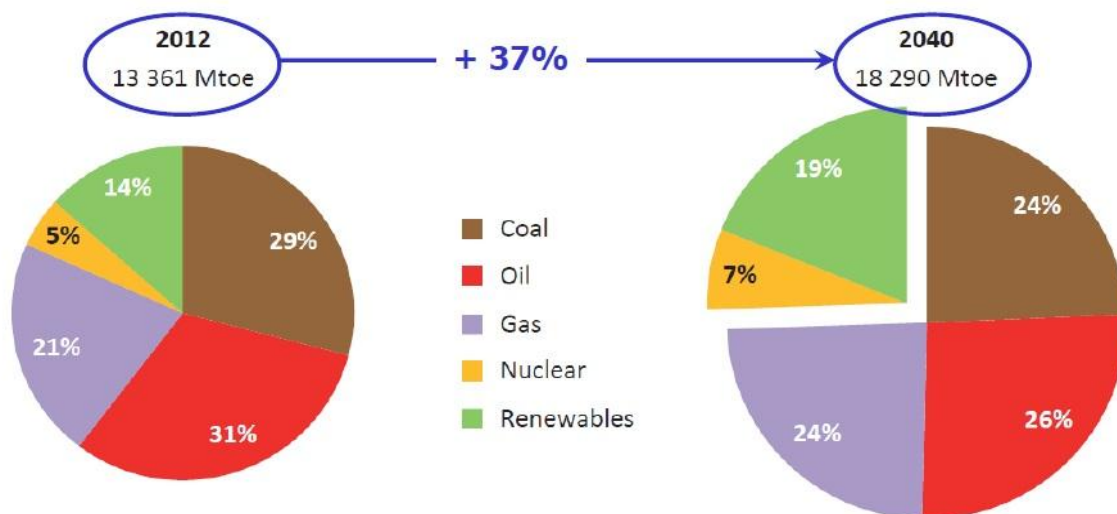
Vediamo invece una netta differenza possibile sulla variazione delle **emissioni di CO₂ globali**. Solo con uno stretto regime di limitazione delle emissioni si potrà tuttavia apprezzare una diminuzione da qui al 2040. In queste politiche stringenti potrebbe rientrare il risultato del COP21, del 2015: è infatti stata stabilita una limitazione sulla variazione positiva della temperatura globale entro 1,5°C.



Source: World Energy Outlook 2011, International Energy Agency

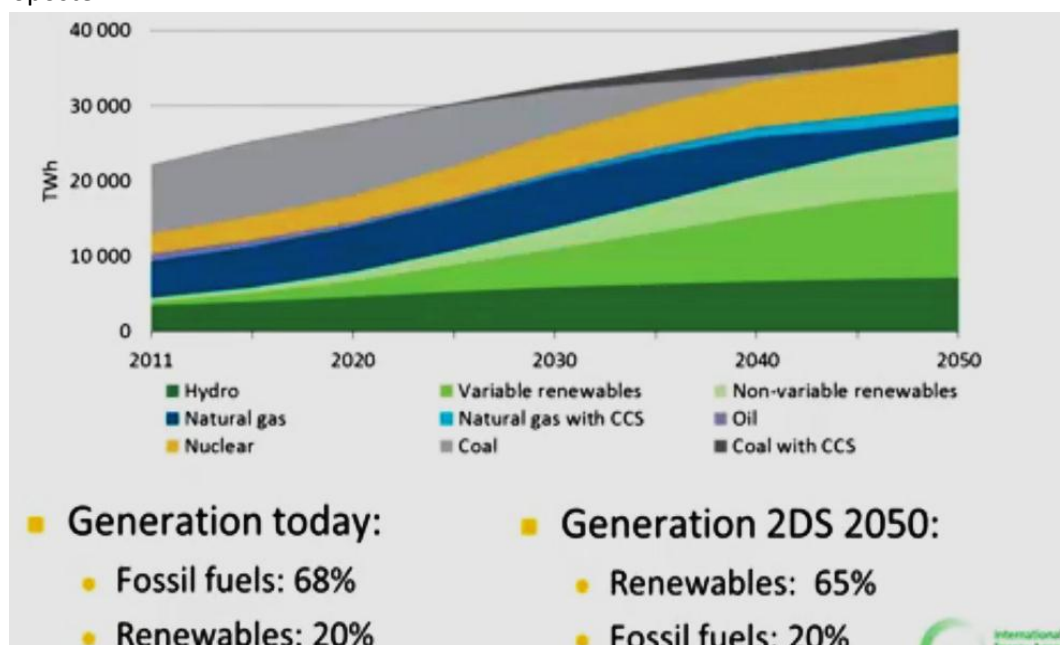
Vediamo poi il **mix energetico previsto al 2040**, secondo lo scenario intermedio “New policies”. Si parla, lo ricordiamo, dell’energia globalmente utilizzata nel mondo, elettrica e termica. Come vediamo le fonti rinnovabili sono le uniche ad aumentare in maniera sensibile in percentuale, ma troppo poco per una sensibile inversione di tendenza.

New Policies scenario



Source: World Energy Outlook 2014, International Energy Agency

Infine, vediamo la situazione solo in campo elettrico: in caso di uno scenario definito 2DS dalla IEA, che sia in accordo con quanto stabilito da COP21 (aumento di temperatura globale al di sotto dei 2°C), quindi molto aggressivo nelle politiche di limitazione, le rinnovabili dovranno coprire il 65% del fabbisogno elettrico nel 2050, relegando i combustibili fossili al 20% e ribaltando di fatto la situazione odierna. Attenzione, perché secondo le prime analisi l'accordo post COP21 mancherebbe delle adeguate sanzioni per garantire il perseguimento delle politiche proposte.



Se il **mix elettrico cambierà vertiginosamente**, è invece molto probabile (o almeno così si prevede) che il **rapporto generazione elettrica/termica rimarrà abbastanza costante** nel tempo.

Inoltre è importante ricordare come **i trend siano differenti a seconda delle regioni**: in prospettiva, i Paesi dell'OCSE stanno diminuendo quantomeno il consumo di carbone, spostandosi prevalentemente verso gas e in seguito verso le rinnovabili di nuova generazione; India e Cina, che stanno seguendo lo stesso sviluppo economico (e in seguito seguiranno quello sociale) e che sono per popolazione più di un terzo del mondo, stanno ancora aumentando i loro consumi pressoché indiscriminatamente in quanto il loro comparto industriale sta crescendo ancora, ma hanno raggiunto già negli scorsi anni il picco di crescita e ora sono al di sotto di esso; il resto del mondo, Paesi in via di sviluppo soprattutto, si pongono a metà, avendo una crescita indiscriminata dei consumi, ma senza il trend elevatissimo di India e Cina.

Le rinnovabili aprono a un mercato molto diverso rispetto a quello prettamente multinazionale o statale della generazione elettrica fossile in quanto, come detto, si prestano alla generazione diffusa e a **investimenti di dimensioni ridotte**. Quindi si apre a cambiamenti rapidi e a maggiore concorrenza. Questo è forse il più grande vantaggio della generazione da rinnovabili. È un'occasione che non va sprecata.

Fonti

- **Politecnico di Milano:**
 - Renewable Energy Report 2015, Energy & Strategy Group;
 - Slides corso *Low-Carbon Technologies*, Prof. Stefano Consonni;
- **GSE:**
 - Rapporto statistico 2012:
http://www.gse.it/it/Dati%20e%20Bilanci/GSE_Documenti/osservatorio%20statistico/Rapporto%20Statistico%202012%20-%20Settore%20Elettrico%20%20%20vers%20web%20def.pdf
 - Rapporto attività 2014:
http://www.gse.it/it/salastampa/GSE_Documenti/Rapporto_Activita_2014_R%20web.pdf
- **Terna:** Dati Statistici sull'energia elettrica in Italia – Sezioni: “Produzione”, “Consumi”, “Dati storici”, 2014: <http://download.terna.it/terna/0000/0642/36.PDF>
- **REN21:** Renewables 2014 Global Status Report:
http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/GSR/2014/GSR2014_KeyFindings_low%20res.pdf
- **NASDAQ:** Quotazioni Crude Oil: <http://www.nasdaq.com/markets/crude-oil.aspx?timeframe=5y>
- **IMF (International Monetary Fund):**
 - How large are global energy subsidies?, Maggio 2015:
<http://www.imf.org/external/pubs/cat/longres.aspx?sk=42940.0>
 - Blog: <http://blog-imfdirect.imf.org/2015/05/18/global-energy-subsidies-are-big-about-us5-trillion-big/>
- **QualEnergia:** <http://www.qualenergia.it/articoli/20150519-nuova-stima-fondo-monetario-internazionale-alle-fossili-aiuti-pubblici-per-5300-miliardi-dollari-anno>
- **Agenzia delle Entrate:** Agevolazioni - Ristrutturazioni edilizie - Scheda informativa:
<http://www.agenziaentrate.gov.it/wps/content/Nsilib/Nsi/Home/CosaDeviFare/Richiedere/Agevolazioni/DetrRistrEdil36/SchInfoDetrRistrEdil36/>
- **IEA (International Energy Agency):**
 - “Energy Subsidies”: <http://www.worldenergyoutlook.org/resources/energysubsidies/>
 - World Energy Outlook 2014:
https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2014_ES_Italian.pdf
 - World Energy Outlook 2012, 2011;
 - Technology Roadmap Solar PV Energy 2014:
https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/TechnologyRoadmapSolarPhotovoltaicEnergy_2014edition.pdf

- Energy Technology Perspectives 2014:
https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/EnergyTechnologyPerspectives_ES.pdf
- **Fondazione ANIE:** Studio Smart Grids: <http://anienergia.anie.it/wp-content/uploads/sites/4/2013/12/Smart-Grids-studio-finale.pdf>
- **Nature:** The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale:
<http://www.nature.com/nature/journal/v525/n7569/full/nature15371.html>