

Possibili evoluzioni del sistema elettrico nazionale

Maurizio Cumo

Università di Roma "La Sapienza"



Energia nucleare e fonti rinnovabili, non in competizione ma integrandosi, possono contribuire a soddisfare nel medio termine la crescita del fabbisogno elettrico nazionale, in linea con gli obiettivi energetico-ambientali fissati dall'UE

Possible evolution of the Italian electricity system

Nuclear energy and renewable sources, not competing but complementary to each other, can help meet Italy's growing electricity demand in the medium term, in line with the EU's energy/environment goals

Introduzione

Vorrei esporre alcune considerazioni relative alle possibili evoluzioni del sistema elettrico nazionale, con particolare riferimento al ruolo del nucleare e delle fonti rinnovabili, alla luce dei vincoli esterni posti dal Protocollo di Kyoto e dal cosiddetto "pacchetto 20-20-20" dell'Unione Europea. Le condizioni al contorno che vincolano l'evoluzione del sistema elettrico nazionale sono in particolare le seguenti:

- soddisfacimento del fabbisogno elettrico;
- attuazione del Protocollo di Kyoto;
- attuazione del "pacchetto 20-20-20" dell'Unione Europea;
- contenimento del costo di produzione del kWh;
- limiti propri delle diverse fonti energetiche;
- vincoli strutturali della rete elettrica.

Dal momento che i vincoli imposti dal "pacchetto 20-20-20" fanno riferimento al 2005, le considerazioni che seguono sono state sviluppate a partire dai dati 2005.

Struttura del sistema elettrico

Rispetto alla situazione media europea e alla situazione dei principali paesi industriali, il quadro della produzione elettrica nazionale al 31.12.2005 (tabella 1 e figura 1) si caratterizzava per i seguenti aspetti:

- assenza di un contributo nucleare;
- dominanza della componente termoelettrica tradizionale (81,3% della pro-

- duzione nazionale, 70% dell'energia elettrica immessa nella rete italiana);
- presenza di una forte componente di importazione (13,9%);
- presenza di una significativa componente idroelettrica (11,9% della produzione nazionale, 10,3% dell'energia elettrica immessa nella rete italiana);
- presenza di una significativa componente geotermica (1,8% della produ-

Tabella 1 - Produzione di energia elettrica in Italia nel 2005

Fonte	"Produzione" lorda			Potenza efficiente lorda MW	Costi di produzione (valuta 2006)	
	GWh	%	%		€/kWh	M€
Idrica naturale	36.184,1	11,9%	10,3%	14.131,7	0,058	2.080,6
Idrica pompaggi volontari	6.742,8	2,2%	1,9%	7.211,1	0,058	387,7
Totale idrico	42.926,9	14,1%	12,2%	21.342,8	0,058	2.468,3
Gas	156.380,1	51,5%	44,3%	n.d.	0,065	10.164,7
Olio	35.846,3	11,8%	10,2%	n.d.	0,080	2.867,7
Carbone	54.691,9	18,0%	15,5%	n.d.	0,040	2.187,7
Termica tradizionale ⁽¹⁾	246.918,3	81,3%	70,0%	62.655,7	0,062	15.220,1
Biomasse e rifiuti	6.154,8	2,0%	1,7%	1.989,9	0,055	338,5
Geotermica	5.324,5	1,8%	1,5%	711,0	0,080	426,0
Totale termico	258.397,6	85,1%	73,2%	65.356,6	0,062	15.984,6
Eolica	2.343,4	0,8%	0,7%	1.638,9	0,103	240,2
Fotovoltaica	4,0	0,0%	0,0%	7,1	0,490	2,0
Totale eolico e fotovoltaico	2.347,4	0,8%	0,7%	1.646,0	0,103	242,2
Nucleare	0,0	0,0%	0,0%	0,0	0,000	0,0
TOTALE IMPIANTI	303.671,9	100,0%	86,1%	88.345,4	0,062	18.695,0
Saldo import-export ⁽²⁾	49.154,5		13,9%	7.150,0	0,039	1.917,0
TOTALE "PRODUZIONE"	352.826,4		100,0%	95.495,4	0,058	20.612,0
Totale "Produzione"	352.826,4					
Consumi ausiliari	-13.064,0					
Energia destinata ai pompaggi	-9.319,4					
Energia richiesta	330.443,0					
Perdite	20.626,2					
Consumi finali	309.816,8					

(1) Escluse le "Biomasse e rifiuti" ma incluse "Altre fonti di energia".

(2) Per l'analisi degli scenari, il saldo dell'import/export è stato considerato come un impianto con una potenza virtuale impegnata.

Fonte: GSE, 2006

zione nazionale, 1,5% dell'energia elettrica immessa nella rete italiana);
 - limitato contributo delle "nuove" fonti rinnovabili (biomasse e rifiuti, eolico, fotovoltaico), pari complessivamente al 2,8% della produzione e al 2,4% dell'energia elettrica immessa nella rete nazionale.

Evoluzione del fabbisogno elettrico

La produzione lorda nazionale di energia elettrica nel 2005 [1] è stata di 303,7 TWh. Ad essa si è aggiunto il saldo delle importazioni, pari a 49,2 TWh, per una disponibilità lorda complessiva di 352,8 TWh. Scontando 13,1 TWh assorbiti dai sistemi ausiliari di impianto e 9,3 TWh utilizzati per i pompaggi, l'energia elettrica immessa in rete nel 2005 è stata di 330,4 TWh. Scontando ancora le perdite sulla rete (20,6 TWh), l'energia elettrica effettivamente disponibile al consumo è stata di 309,8 TWh.

Le previsioni correnti [2] stimano il fabbisogno complessivo di produzione elettrica al 2016 in 446,4 TWh. Scontando un consumo dei sistemi ausiliari di impianto pari a 17,1 TWh, una quantità di energia destinata ai pompaggi pari a 9,3 TWh e perdite in rete per 24 TWh, il fabbisogno di energia elettrica effettivamente disponibile per i consumi finali è stato stimato in 396 TWh.

Attuazione del Protocollo di Kyoto

Il Protocollo di Kyoto (Decisione 2002/358/CE ratificato con Legge 1° giugno 2002 n. 120) obbliga l'Italia a ridurre le proprie emissioni di gas-serra del 6,5% entro il periodo 2008-2012 rispetto ai volumi di emissione del 1990. La quantità di emissioni assegnata all'Italia non potrà dunque eccedere nel periodo 2008-2012 il valore di 487,1 Mt CO₂eq (calcolato come media delle emissioni annuali del periodo).

Per effetto dell'incremento delle emissioni che si è registrato in Italia fra il 1990 e il 2005, l'obiettivo effettivo di riduzione al 31.12.2005 era pari al 16,6% rispetto alle emissioni del 2005.

Il mancato rispetto degli obiettivi di riduzione fissati comporta il pagamento di una sanzione di 40 euro/tCO₂eq per il periodo 2005-2008 e di 100 euro/tCO₂eq a partire dal 2009.

Valutazioni [3] condotte sulla base dei dati tendenziali forniti dal Ministero dell'Ambiente (tabella 2) quantificano in circa 55 miliardi di euro l'onere complessivo a carico dell'Italia nel periodo 2005-2012.

Il "Pacchetto 20-20-20" dell'UE

Il 23.1.2008 sono state presentate dalla Commissione Europea le proposte sulla

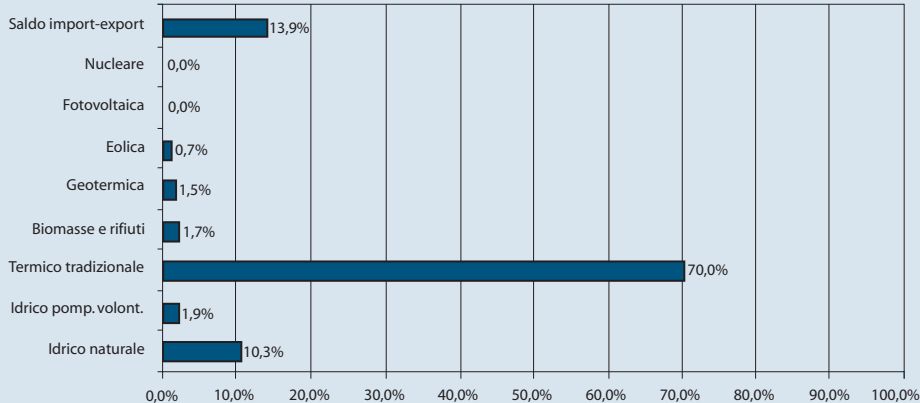


Figura 1
 Struttura della produzione elettrica in Italia nel 2005
 Fonte: GSE, 2006



riduzione delle interazioni fra il sistema economico e il clima che vanno sotto il nome di “pacchetto 20-20-20”. Le misure proposte sono in particolare le seguenti:

- riduzione entro il 2020 del 20% dell'intensità energetica (rapporto tra consumo di energia e PIL) rispetto ai livelli del 2005;
- aumento del 20% della quota di fonti rinnovabili rispetto al totale delle fonti primarie utilizzate (con una quota del 10% di biocarburanti) entro il 2020 (rispetto all'8,5% registrato nel 2005), con tendenza al 30% entro il 2030;
- riduzione entro il 2020 delle emissioni di CO₂ del 20% rispetto ai livelli del 2005.

L'attuazione delle misure proposte comporta costi che la proposta dell'UE quantifica nello 0,45% del PIL complessivo dell'UE (27 paesi).

Gli obiettivi del “pacchetto 20-20-20” per l'Italia

Per il raggiungimento dei target sono stati attribuiti specifici obiettivi a ciascuno dei paesi membri. Per l'Italia sono stati stabiliti i seguenti obiettivi:

- un contributo delle fonti rinnovabili pari al 17% dei consumi finali nazionali di energia entro il 2020 (a fronte del 5,2% registrato nel 2005), con una componen-

Tabella 2 – Quadro di riferimento programmatico per le emissioni (Delibera CIPE n. 123/2002)

Fonti di emissione	Emissioni di gas-serra [Mt CO ₂ eq]		
	1990 ⁽¹⁾	2000 ⁽¹⁾	2010 ⁽²⁾
DA USI DI FONTI ENERGETICHE, di cui:	424,9	452,3	484,1
- Industrie energetiche	147,4	160,8	170,4
- termoelettrico	124,9	140,0	150,1
- raffinazione (consumi diretti)	18,0	17,4	19,2
altro	4,5	3,4	1,1
- Industria manifatturiera e costruzioni	85,5	77,9	80,2
- Trasporti	103,5	124,7	142,2
- Civile (incluso terziario e Pubblica Amministrazione)	70,2	72,1	74,1
- Agricoltura	9,0	9,0	9,6
- Altro (fughe, militari, aziende di distribuzione)	9,3	7,8	7,6
DA ALTRE FONTI	96,1	94,5	95,6
- Processi industriali (industria mineraria, chimica,)	35,9	33,9	30,4
- Agricoltura	43,4	42,6	41,0
- Rifiuti	13,7	14,2	7,5
- Altro (solventi, fluorurati)	3,1	3,8	16,7
TOTALE	521,0	546,8	579,7

(1) Emissioni per l'anno 1990 e per l'anno 2000 elaborate dal MATT sulla base dei dati trasmessi al Segretariato della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (IPCC) e alla Commissione europea nell'ambito della Decisione 93/389/CE.

(2) Scenario tendenziale delle emissioni al 2010 elaborato dal MATT assumendo una crescita media del PIL pari al 2% all'anno e tenendo conto delle misure già avviate o comunque decise.

Fonte: elaborazione del Ministero dell'Ambiente sulla delibera CIPE

te del 10% affidata ai biocarburanti;
 - una riduzione entro il 2020 del 13% delle emissioni di CO₂ per i settori non ETS (settori non coinvolti nello schema di *emission trading*, ovvero i settori civile, agricoltura, trasporti ecc.) rispetto ai livelli del 2005.

Il conseguimento degli obiettivi proposti comporterebbe per l'Italia costi che la proposta dell'UE quantifica nello 0,66% del PIL nazionale.

Gli impegni previsti dal "Pacchetto 20-20-20" (riduzione del 13% delle emissioni nei settori non ETS rispetto ai livelli 2005 entro il 2020) si sovrappongono a quelli relativi all'attuazione del Protocollo di Kyoto (riduzione del 16,6% rispetto alle emissioni del 2005 entro il periodo 2008-2012) e potrebbero essere accompagnati da analoghe sanzioni.

La riduzione delle emissioni

Le valutazioni elaborate dal Ministero dell'Ambiente (tabella 3) quantificano in 579,7 Mt CO₂eq il livello tendenziale delle emissioni nel 2010 (centro del periodo di riferimento fissato dal Protocollo di Kyoto), tenuto conto di tutte le misure di riduzione finora introdotte e posto che queste risultino efficaci. Ne consegue che il rispetto del protocollo di Kyoto richiede una ulteriore riduzione delle emissioni di 92,6 Mt CO₂eq. A questo obiettivo di riduzione si sovrappone quello previsto dal "pacchetto 20-20-20" con orizzonte 2020.

Tenuto conto della composizione strutturale del sistema delle emissioni (tabella 2), l'unico settore nel quale è possibile intervenire nel medio termine è quello della produzione di energia elettrica, attualmente responsabile di circa un quarto (26%) delle emissioni complessive di gas-serra. Il settore elettrico è infatti quello nel quale gli obiettivi di riduzione, almeno in linea di principio, sono più facilmente conseguibili, data la centralizzazione degli impianti e l'esistenza di una forte componente termoe-

lettrica (81,3% della produzione elettrica nazionale) sostituibile con altre fonti di produzione (rinnovabili, nucleare).

Dati i limiti intrinseci che caratterizzano il fotovoltaico e l'eolico (bassa densità di potenza, elevato impatto territoriale, alti costi di impianto, bassi fattori di utilizzazione) e la limitata disponibilità di ulteriore energia idraulica (che potrebbe comunque portare un contributo positivo sfruttando la tecnica dei pompaggi in abbinamento con la fonte nucleare), per ridurre in misura significativa le emissioni di gas serra la scelta dell'energia nucleare è di fatto per l'Italia una scelta obbligata.

La riduzione dell'intensità energetica

ENEA e ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie) hanno presentato recentemente i risultati di uno studio sull'efficienza energetica nell'UE a 15 paesi condotto nel quadro del progetto europeo "Odyssee".

Dal rapporto emerge che l'Europa a 15 ha la più bassa intensità energetica rispetto ad altre aree geopolitiche. La tendenza futura è verso ulteriori diminuzioni.

In questo contesto l'intensità energetica totale dell'Italia è tra le più basse in Europa, principalmente a causa del limitato sviluppo dei settori ad alta intensità energetica.

L'intensità energetica nazionale sta tuttavia aumentando. Dal 1990 ad oggi è aumentata complessivamente di circa lo 0,3% medio annuo, con una accelerazione negli ultimi quattro anni, anche per effetto del trend economico e di cambiamenti strutturali intervenuti nel sistema produttivo.

A fronte delle caratteristiche strutturali del sistema produttivo italiano e dei valori già bassi assunti dall'intensità energetica, un'ulteriore riduzione di questo parametro rischia di comportare profonde e costose ristrutturazioni.



Nel “pacchetto 20-20-20” non sono stati finora fissati obiettivi di riduzione dell’intensità energetica per i diversi paesi. È necessario in questo caso vigilare affinché non siano fissati obiettivi irraggiungibili e sanzioni economiche inutilmente penalizzanti per l’economia nazionale.

Ruolo delle energie rinnovabili

Date le caratteristiche intrinseche delle fonti energetiche rinnovabili, qualora l’obiettivo posto all’Italia dal “pacchetto 20-20-20” di portare il contributo dell’energia rinnovabile dal 5,2% del 2005 al 17% nel 2020 fosse perseguito intervenendo

Tabella 3 – Copertura del fabbisogno elettrico al 2016. Scenari esplorati

Scenario	Modalità di copertura del fabbisogno aggiuntivo	Ipotesi di copertura del fabbisogno aggiuntivo
1	Nucleare	+12,5 GW di impianti nucleari (8 unità da 1,6 GW in 4 siti)
2	Nucleare e importazioni	+7,2 GW (raddoppio) importazioni elettricità nucleare (costo nuovi elettrodotti) +5,6 GW di impianti nucleari (4 unità da 1,6 GW in 2 siti)
3	Rinnovabili	+29,4 GW di impianti alimentati con fonti rinnovabili (8 volte la potenza efficiente lorda rinnovabile installata al 31.12.2005, ad eccezione dell’idroelettrico)
4	Rinnovabili e importazioni	+7,2 GW (raddoppio) importazioni elettricità nucleare (costo nuovi elettrodotti) +13,3 GW di impianti alimentati con fonti rinnovabili (4 volte la potenza efficiente lorda rinnovabile installata al 31.12.2005, ad eccezione dell’idroelettrico)
5	Rinnovabili, nucleare e importazioni	+7,2 GW (raddoppio) importazioni elettricità nucleare (costo nuovi elettrodotti) +8,7 GW di impianti alimentati con fonti rinnovabili (3 volte la potenza efficiente lorda rinnovabile installata al 31.12.2005, ad eccezione dell’idroelettrico) +2 GW di impianti nucleari (2 unità da 1GW in 1 sito)
6	Riduzione del 18% della produzione termoelettrica; copertura del fabbisogno con rinnovabili e nucleare	-18% della produzione termoelettrica al 31.12.2005 +13 GW di impianti alimentati con fonti rinnovabili (4 volte la potenza efficiente lorda rinnovabile installata al 31.12.2005, ad eccezione dell’idroelettrico) +12,9 GW di impianti nucleari (8 unità da 1,6 GW in 4 siti)
7	Riduzione del 18% della produzione termoelettrica; copertura del fabbisogno con nucleare e importazioni	-18% della produzione termoelettrica al 31.12.2005 +7,2 GW (raddoppio) importazioni elettricità nucleare (costo nuovi elettrodotti) +11,6 GW di impianti nucleari (8 unità da 1,4 GW in 4 siti)
8	Riduzione del 18% della produzione termoelettrica; copertura del fabbisogno con nucleare, rinnovabili e importazioni	-18% della produzione termoelettrica al 31.12.2005 +7,2 GW (raddoppio) importazioni elettricità nucleare (costo nuovi elettrodotti) +8,7 GW di impianti alimentati con fonti rinnovabili (3 volte la potenza efficiente lorda rinnovabile installata al 31.12.2005, ad eccezione dell’idroelettrico) +7,9 GW di impianti nucleari (5 unità da 1,6 GW in 3 siti)

Fonte: AIN, 2006

solo nel settore elettrico si avrebbe un sensibile aumento dei costi dell'elettricità, che in Italia sono già i più elevati d'Europa.

Nella relazione al Parlamento del giugno 2007 il Presidente dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas ha riferito che nel solo 2006 il Gestore del sistema elettrico (GSE) ha speso 6,4 miliardi di euro per acquistare a tariffa incentivata l'energia elettrica prodotta dalle fonti rinnovabili e assimilate, a fronte di un valore di mercato della stessa energia pari a 2,7 miliardi. La differenza (3,7 miliardi di euro) è stata addebitata sulle bollette elettriche sotto la voce "oneri di sistema".

Secondo le valutazioni condotte dall'Autorità per l'energia elettrica e il gas, nel periodo 2008-2020 gli oneri di sistema legati all'incentivazione delle fonti rinnovabili e assimilate costeranno al consumatore elettrico (a legislazione vigente) 25 miliardi di euro.

Questa penalizzazione competitiva delle fonti rinnovabili potrebbe essere attenuata attraverso una riduzione del costo medio di produzione del kWh ottenuta mediante l'incremento della produzione nucleare e, almeno transitoriamente, delle importazioni dirette di elettricità di fonte nucleare.

Ruolo dell'energia nucleare

Per quanto illustrato, nel contesto di attuazione del "pacchetto 20-20-20" l'energia nucleare può assumere un ruolo importante che si caratterizza per i seguenti fattori.

1. Economia di base. Il costo del kWh nucleare, valutato a consuntivo in una decina di studi internazionali, è inferiore a quello di altre fonti di produzione elettrica e ha una composizione (70% costituito dai costi di impianto) che rende il nucleare, per un paese industrializzato, un investimento fatto in sede nazionale.
2. Sostituzione dei combustibili fossili. Il ricorso all'energia nucleare è potenzialmente in grado di sostituire direttamen-

te la domanda di combustibili fossili (un terzo della domanda totale nazionale) proveniente dal settore termoelettrico, e indirettamente (attraverso la produzione di elettricità a basso costo) parte della domanda di combustibili fossili negli usi civili, con un sensibile miglioramento della bilancia commerciale verso l'estero.

3. Riduzione delle emissioni di gas serra. La progressiva sostituzione della produzione termoelettrica (attualmente pari al 81% della produzione elettrica nazionale) con energia elettrica di fonte nucleare comporterebbe la riduzione di un quarto (26%) delle emissioni di gas serra del paese (circa 150 Mt CO₂eq).
4. Incentivazione delle energie rinnovabili. La riduzione del costo medio di produzione del kWh associato al ricorso all'energia nucleare consentirebbe di rendere disponibili risorse economiche utilizzabili per incentivare lo sviluppo delle energie rinnovabili, senza incrementare il costo del kWh.

Scenari di evoluzione del sistema elettrico

Sulla base dei dati relativi alla copertura del fabbisogno elettrico nazionale nel 2005 [1] e delle previsioni di fabbisogno elettrico al 2016 [2], sono state sviluppate alcune analisi di scenario al fine di esaminare le implicazioni tecnico-economiche associate a diverse modalità di copertura del fabbisogno elettrico nazionale, nel rispetto degli obiettivi di riduzione delle emissioni di gas serra fissati per l'Italia dal Protocollo di Kyoto e dal "pacchetto 20-20-20", limitatamente agli interventi possibili nel settore elettrico. Gli scenari analizzati sono descritti sinteticamente in tabella 3.

Dall'analisi delle "performance" dei diversi scenari, compendiata in tabella 4, emerge che le fonti più economiche per assicurare la copertura del fabbisogno elettrico senza aumentare (o riducendo) le emissioni di CO₂ sono rappresentate dal nucleare e dal-



le importazioni dirette di elettricità di fonte nucleare dall'estero, mentre i maggiori costi connessi al ricorso alle fonti rinnovabili possono essere bilanciati attraverso un equilibrato ricorso anche all'energia nucleare e alle importazioni dirette di elettricità. Le indicazioni di queste valutazioni, che si avvalgono di calcoli [3] effettuati con costi dei combustibili 2006, non possono che essere rafforzate ai costi attuali.

Conclusioni

Al fine di soddisfare nel medio termine la crescita del fabbisogno elettrico nazionale e di dare concreta attuazione alle indicazioni dell'Unione Europea, energia nucleare e fonti rinnovabili non devono essere assolutamente in competizione fra loro, ma possono, viceversa, contribuire in modo integrato al conseguimento degli obiettivi. Il nostro Paese è, come noto, povero di risorse fossili e deve approvvigionarle all'estero a costi sempre crescenti e ormai insostenibili. Le fonti rinnovabili, al contrario, si basano completamente su lavoro e tecnologie italiani, come in gran parte potrebbe basarsi il nucleare, se si recuperasse il *gap* di venti anni di "lavoro all'estero", vista la scarsa incidenza del costo dell'uranio reperibile da più paesi.

Per le rinnovabili ricerca e sviluppo sono fondamentali, e vi sono ottime prospettive di abbatterne i costi, tuttora non competitivi, in tempi ragionevoli.

Il nucleare all'estero è già competitivo ed in Italia abbiamo ancora molti esperti che potrebbero preparare le nuove generazioni per reinserire il paese in un contesto europeo di avanguardia.

Il progresso italiano è basato solo sul nostro lavoro e ben poco sulle nostre miniere. Vedere un contrasto fra rinnovabili e nucleare in un contesto globale in cui abbiamo grande bisogno di entrambe le fonti energetiche è del tutto fuori luogo, per non dire ridicolo.

I contenuti dell'articolo riprendono l'intervento al Workshop ISES "Rinnovabili e nucleare: due percorsi paralleli", che si è tenuto a Roma, il 26 giugno 2008.

Bibliografia

[1] GSE, Gestore del Sistema Elettrico SpA: "Produzione e consumo di energia elettrica in Italia nel 2005", 2006.

[2] Terna SpA - GSE: "Previsioni della domanda elettrica in Italia e del fabbisogno di potenza necessario. Anni 2006-2016", settembre 2006.

[3] AIN, Associazione Italiana Nucleare: "Calcolo degli oneri economici associati all'attuazione del Protocollo di Kyoto", documento tecnico interno, giugno 2007.

[4] GSE, Gestore del Sistema Elettrico SpA: "Statistiche sulle fonti rinnovabili in Italia. Anno 2006".

Tabella 4 - Copertura del fabbisogno elettrico al 2016. Performance degli scenari esplorati

Scenario	N	I	R	T	Investimenti totali	Emissioni evitate	Costo medio di produzione del kWh
					G€	MteqCO ₂ /anno	€/kWh
1	+				28,1	51,6	0,055
2	+	+			18,4	50,5	0,055
3			+		62,4	51,6	0,062
4		+	+		33,4	50,5	0,058
5	+	+	+		28,3	50,4	0,057
6	+		+	-	56,3	76,2	0,055
7	+	+		-	31,7	75,0	0,052
8	+	+	+	-	41,7	75,0	0,054

N = Nucleare; I = Importazioni; R = Rinnovabili (escluso idro); T = Termoelettrico da fossili.
Costo di produzione del kWh calcolato ai costi 2006 dei combustibili.

Fonte: AIN, 2006