

Nucleare di nuova generazione in Italia? Atteggiamenti e preferenze

Davide Contu¹

¹Affiliazione: *The London School of Economics and Political Science & The Grantham Research Institute*
E-mail address: *d.contu@lse.ac.uk*

Sommario

Il futuro del nucleare potrebbe essere rappresentato dalla tecnologia di IV generazione, che ambisce a ridurre i problemi principali del nucleare attuale. Questa tecnologia non sarà disponibile prima di circa 20 anni, il tempo che intercorre tra l'incidente di Chernobyl e la riproposizione del nucleare in Italia. In seguito agli eventi di Fukushima, l'energia nucleare è divenuta nuovamente un'opzione ufficialmente non considerata. E tra vent'anni?

Questa ricerca ha due obiettivi principali: 1) stabilire le determinanti della disponibilità a pagare (DAP) per ulteriore ricerca e sviluppo (R&D) della IV generazione e 2) analizzare quali forme di compensazione possono essere offerte nel caso di costruzione di centrali in Italia. La DAP è fondamentalmente determinata dalla fiducia circa la realizzazione degli obiettivi della quarta generazione e dalla gravità percepita dei fatti di Fukushima. Per quanto riguarda l'ipotetica realizzazione di centrali in Italia, gli individui valutano positivamente le compensazioni, sia nella forma di benefici pubblici che privati. Tuttavia, è fondamentale realizzare gli obiettivi della R&D. Infatti, considerando il nucleare attuale, la quasi totalità del campione punterebbe piuttosto sulle fonti di energia rinnovabili.

Parole chiave: Nucleare di IV generazione – Fukushima – Italia – Valutazione Contingente – Choice experiments

1. Introduzione

La situazione energetica italiana attuale presenta due caratteristiche fondamentali: la predominanza di combustibili fossili e l'ingente quota di energia importata (ENEA 2012). Ciò evidenzia due criticità. Innanzitutto la necessità di ridurre l'utilizzo di combustibili fossili, una delle strategie per ridurre la produzione di emissioni gas-serra e fronteggiare il cambiamento climatico (www.roadmap2050.eu). Secondo, la crisi in Ucraina e la possibilità di un conflitto con la Russia ripropongono i rischi legati all'importazione di energia dall'estero: la dipendenza da paesi politicamente instabili e il gravoso peso sulla bilancia commerciale (IEA 2009). Occorre dunque ridurre il consumo di combustibili fossili, sviluppare l'utilizzo di fonti energetiche con emissioni nulle (o quasi) e ridurre le importazioni di energia dall'estero. Diversi studi evidenziano come il

nucleare presenti una bassa intensità di emissioni in fase di generazione di elettricità (Srinivasan e Gopi Rethinaraj 2013; Hayashi e Hughes 2013; Samseth 2013; Van der Zwaan 2013; Apergis et al. 2010). Tuttavia, altri contestano la sostenibilità dell'opzione nucleare (Mez 2012; Thomas 2012) e suggeriscono di puntare sulle rinnovabili (Okagawa et al. 2012; Shrader-Frechette 2011).

Il nucleare non fa attualmente parte del mix energetico italiano. Un anno dopo l'incidente di Chernobyl, nel 1987 la popolazione italiana esprime la volontà di non proseguire con l'esperienza nucleare, tramite referendum. Tuttavia, circa venti anni dopo questi eventi, il ritorno al nucleare sembrava possibile (Iaccarino 2010). Ciò non riguardava esclusivamente l'Italia: infatti, a Luglio 2009, ben 52 nazioni valutavano nuovi investimenti sul nucleare (Jewell 2011). Tuttavia nel 2011 ci fu un altro grave incidente, questa volta a Fukushima, in Giappone. Analogamente a quanto avvenuto nel 1987, fu proposto agli italiani un referendum: il 94% dei votanti si dichiarò contrario alla realizzazione di nuove centrali in Italia.

L'atteggiamento dell'opinione pubblica nei confronti del nucleare ha subito un effetto negativo, soprattutto in Giappone (Poortinga et al. 2013), in seguito agli incidenti di Fukushima (Kim et al. 2013). Analogamente, un crollo del supporto si registrò dopo l'incidente di Chernobyl (Renn 1990) e dopo l'incidente di Three Mile Island negli Stati Uniti (Melber 1982). Tuttavia, ci sono delle eccezioni: ad esempio, in seguito agli eventi di Fukushima, l'accettabilità del nucleare sembra essere rimasta invariata negli Stati Uniti, Cina e Pakistan, mentre è lievemente aumentata nel Regno Unito (Srinivasan e Gopi Rethinaraj 2013). Inoltre, l'effetto di un incidente nucleare sull'opinione pubblica tende a diminuire con il trascorrere del tempo (Siegrist e Visschers 2013).

Una nuova tecnologia per la generazione di elettricità da nucleare è in fase di ricerca e sviluppo. Nel 2000 è stato costituito il IV Generation Energy forum, un consorzio per lo sviluppo coordinato del nucleare di IV generazione composto da dodici nazioni e dall'Euratom, tramite cui l'Italia è presente indirettamente. Nel 2002 furono selezionati otto progetti su cui concentrare le forze in modo coordinato: Gas-Cooled Fast Reactor, Lead-Cooled Fast Reactor, Molten Salt Reactor, Sodium-Cooled Fast Reactor, Supercritical-Water Reactor e Very-High Temperature Reactor. La ricerca e lo sviluppo sono indirizzati al raggiungimento dei seguenti obiettivi (GEN IV International Forum 2013):

- Minimizzazione della produzione di scorie nucleari e riduzione del tempo di decadimento;
- Rendere vantaggiosi i costi del ciclo di vita degli impianti nucleari rispetto alle altre fonti di energia;
- Raggiungere un livello di rischio finanziario in linea comparabile con quello di altre fonti energetiche;
- Eccellere in sicurezza e affidabilità degli impianti;
- Ottenere una probabilità estremamente ridotta di fusione del nocciolo (che in passato ha portato agli incidenti più gravi);
- Eliminazione della necessità di intervenire fuori dall'impianto in caso d'incidente;
- Maggiore protezione contro atti di terrorismo e minore possibilità di proliferazione nucleare.

La disponibilità dei primi impianti riconducibili alla IV generazione è prevista per il 2030. In questi anni dovrà però essere risolto il problema della realizzazione di materiali adatti ai nuovi progetti. Ad esempio, per sviluppare i *Very high temperature reactors*, occorrono materiali in grado di resistere alla pressione e alle temperature raggiunte (Locatelli et al. 2013). È inoltre fondamentale notare che i costi sono, allo stato attuale, indeterminati (Kessides 2012; Kosenius e Ollikainen 2013). Oltre all'accettabilità sociale dunque, l'implementazione di questa generazione di nucleare passa attraverso sfide tecnologiche ed economiche.

In questo lavoro il focus è sull'accettabilità e i costi sociali. Prima dell'incidente in Giappone, Cicia et al. (2012) hanno condotto uno studio sull'accettabilità di diverse forme di energia in Italia, tra cui il nucleare. La ricerca raggruppò le preferenze dei rispondenti in quattro segmenti, nessuno dei quali a favore del nucleare. Tuttavia in quello studio non si parlava di nucleare di IV generazione.

Più in generale esiste un vuoto nella letteratura, che questo lavoro ambisce a colmare rispondendo alle seguenti domande:

- 1) *Qual è la disponibilità a pagare per ulteriore ricerca e sviluppo del nucleare di IV generazione?*
- 2) *Assumendo che gli obiettivi della IV generazione siano raggiunti, qual è la disponibilità ad accettare nuovi impianti nucleari?*

Questo studio s'inserisce nell'ambito della determinazione degli atteggiamenti dell'opinione

pubblica nei confronti delle fonti energetiche. Lo stato dell'arte è rappresentato da studi che combinano tecniche di preferenze espresse (Bateman et al. 2002) con la misurazione di costrutti latenti che contribuiscono a spiegare le determinanti dell'accettabilità, e quindi dell'opposizione (Strazzerà et al. 2012). In questa ricerca è stata utilizzata questa strategia di analisi, combinando Economia e Psicologia sociale, seguendo l'invito all'interdisciplinarietà di Devine-Wright (2007). Le metodologie utilizzate sono descritte nella sezione successiva, mentre i risultati sono presentati nella terza sezione. Infine, la quarta sezione termina con la descrizione degli sviluppi futuri della ricerca e fornendo indicazioni di policy.

2. Materiali e Metodi

2.1 Il metodo della valutazione contingente

La disponibilità a pagare per ulteriore ricerca e sviluppo del nucleare di IV generazione è stata misurata mediante il metodo della valutazione contingente. Questo consiste nel descrivere una situazione ipotetica e, data questa, viene chiesto direttamente ai rispondenti quanto sono disposti a pagare (nel caso ottengano un beneficio) o quanto sono disposti ad accettare (nel caso subiscano un danno).

Parliamo ora di ricerca e sviluppo dell'energia nucleare.
Quanto pensa che sia importante investire in ricerca e sviluppo in ciascuno dei seguenti temi?

	Per nulla Importante	Poco Importante	Abbastanza Importante	Molto Importante	Estremamente Importante
Aumentare la protezione contro attentati terroristici	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Riduzione della produzione delle scorie nucleari	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aumentare la competitività dei costi rispetto alle altre fonti energetiche	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Riduzione della probabilità di incidenti catastrofici	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aumentare la sicurezza passiva, ovvero ridurre la probabilità di causare danni seri in caso di abbandono dell'impianto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Riduzione del numero di anni necessari al decadimento della radioattività delle scorie	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figura 1: Importanza degli obiettivi della IV generazione-Immagine tratta dal questionario online.

Poiché la situazione ipotetica fa riferimento al nucleare di IV generazione, ai rispondenti sono state fornite delle informazioni prima di compiere l'esercizio di valutazione contingente. Nello specifico, è stato loro chiesto di indicare il livello d'importanza che attribuiscono ai traguardi della IV generazione, presentandoli come obiettivi dell'industria nucleare (Figura 1).

Solo in seguito è stato chiesto ai rispondenti se avessero mai sentito parlare del nucleare di IV generazione. Infine gli obiettivi sono stati riproposti, questa volta chiedendo a ciascun rispondente: "Quanto è fiducioso che saranno raggiunti?".

A questo punto, è stata presentata la seguente domanda di valutazione contingente (CV1): *-Sarebbe disposto a pagare un aumento del n % della sua bolletta elettrica annuale, per un anno, con lo scopo di creare un fondo destinato a investire in ricerca e sviluppo del nucleare di IV generazione?*¹

L'aumento offerto è stato variato casualmente, assumendo un valore tra 5, 10, 15 e 20%². Ogni rispondente ha dovuto rispondere una sola di queste domande (seguendo MacKerron et al. 2009). I risultati preliminari (relativi ai primi 300 rispondenti) hanno evidenziato un elevato numero di "no", pari al 72% dei rispondenti. In seguito, gli aumenti offerti sono stati ridotti e resi pari al 2, 4, 8 e 12%.

2.2 Il metodo degli esperimenti di scelta

La disponibilità ad accettare nuovi centrali nucleari è stata misurata tramite il metodo degli esperimenti di scelta (*choice experiments*). Nello specifico ai rispondenti sono state proposte una serie di coppie di alternative, ciascuna delle quali rappresentanti un ipotetico scenario di implementazione del nucleare in Italia. Le alternative sono caratterizzate da alcuni attributi. Gli attributi assumono livelli diversi e ciò rende le alternative differenti. Gli individui devono confrontare i livelli degli attributi e scegliere l'opzione che nel complesso preferiscono. Questo metodo ha come fondamento la teoria lancasteriana dell'utilità (Lancaster 1966) e la *Random Utility*

¹ Dopo la prima parte dello studio (300 osservazioni) sono stati inseriti dei controlli riguardanti la gestione del fondo: a una parte dei rispondenti è stato detto che il fondo sarebbe stato gestito dall'Italia, a un'altra parte è stato comunicato che sarebbe stato gestito dall'Unione Europea. Tuttavia, non sono stati registrati degli effetti significativi sulla disponibilità a pagare.

² Diversamente, in seguito alla risposta alla domanda CV1, sarebbe stato possibile proporre un aumento superiore o inferiore, a seconda che il rispondente abbia inizialmente risposto con un *Sì* o con un *No*. Tuttavia, data la lunghezza del questionario, poiché ai rispondenti è stato chiesto di effettuare anche una serie di esperimenti di scelta e considerati infine i pre-tests, somministrare più di una domanda di CV è stato ritenuto eccessivo.

theory (McFadden 1974). Secondo questo modello, il rispondente sceglie l'alternativa che gli o le garantisce la maggiore utilità³. Riconoscendo l'impossibilità di poter osservare tutte le determinanti della funzione di utilità del rispondente, questa è scomposta in una parte deterministica e in una stocastica (non osservabile). Formalmente, l'utilità che l'individuo i trae dall'alternativa j è:

$$U_{ij} = V_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

dove V_{ij} e ε_{ij} sono rispettivamente la componente deterministica e stocastica. Nello specifico, V_{ij} è data da:

$$V_{ij} = \sum_k \beta_{ikj} X'_{ikj} \quad (2)$$

Con X indichiamo la matrice dei k attributi, mentre β rappresenta il vettore dei coefficienti da stimare. Per definire la componente stocastica, l'assunzione di base è che gli errori siano distribuiti in modo identico e indipendente. Inoltre, assumendo che la distribuzione sia di tipo Gumbel, il modello econometrico è definito Multinomial Logit (MNL), caratterizzato dalla seguente probabilità di scelta:

$$P_{ijt} = \frac{\exp(\beta_k X'_{kjt})}{\sum_j \exp(\beta_k X'_{kjt})} \quad (3)$$

Una volta stimati i coefficienti possono essere calcolate le valutazioni monetarie (VM). Queste sono ottenute mediante il rapporto tra due coefficienti, dove al denominatore è presente quello che si riferisce all'attributo monetario:

$$VM = \left| \frac{\beta_{nonmonetario}}{\beta_{monetario}} \right| \quad (4)$$

Una delle limitazioni di questo modello è data dal postulare un coefficiente, per attributo, uguale per tutti i rispondenti. In altri termini, con questo modello escludiamo la presenza di eterogeneità.

³ Diversi studi hanno evidenziato, tuttavia, la presenza di processi decisionali che si discostano da quest'assunzione. Ad esempio, alcuni rispondenti potrebbero ignorare alcuni attributi, o livelli di questi, durante la scelta (Hensher et al. 2005).

Tuttavia, lo studio ambisce inizialmente a fornire valori medi delle valutazioni monetarie. Successivamente l'eterogeneità sarà analizzata in dettaglio.

2.3 Gli esperimenti di scelta

La realizzazione degli esperimenti di scelta è stata eseguita seguendo queste fasi:

- 1) Analisi della letteratura;
- 2) Discussioni con esperti (università e imprese);
- 3) Pre-test tramite somministrazione della versione preliminare del questionario *face-to-face*;
- 4) Tre pilots con somministrazione del questionario online.

La versione finale degli esperimenti di scelta è caratterizzata da questi attributi e livelli:

Tabella 1. Attributi e livelli degli esperimenti di scelta

Attributi	Livelli
Distanza della centrale nucleare	20, 50, 100, 200 Km dal comune di residenza
Riduzione delle scorie nucleari da stoccare	30%, 20%, 10% o nessuna riduzione rispetto ai livelli medi attuali
Riduzione delle emissioni atmosferiche	20%, 10% o nessuna riduzione rispetto ai livelli medi attuali
Riduzione della bolletta elettrica annuale	30%, 20%, 10% o nessuna riduzione rispetto ai livelli medi attuali
Investimento in opere pubbliche	Realizzazione di Ospedali, Interventi di bonifica di siti inquinati/contaminati o nessun investimento

Dati questi attributi, i livelli di questi e due alternative per situazione di scelta, il numero totale di combinazioni possibili è pari a 331776. È evidente la necessità di scegliere una strategia per determinare quali di queste presentare ai rispondenti. Le situazioni di scelta sono state selezionate inizialmente in base a un design di tipo ortogonale tramite il software SPSS: gli attributi nel design sono indipendenti o la correlazione tra loro è nulla. Le situazioni di scelta sono in totale 64, divise casualmente in 8 blocchi da 8 situazioni di scelta. Ogni rispondente è stato allocato in modo casuale

in uno degli 8 blocchi. Questo design è stato usato per i primi 300 rispondenti. Utilizzando le stime ottenute con i dati raccolti, è stato realizzato un design di tipo efficiente bayesiano (Rose e Bliemer 2009). Il questionario così modificato è stato somministrato ai rimanenti 900 rispondenti⁴.

In Figura 2 è presentata una delle situazioni di scelta proposte ai rispondenti:

		PROGETTO A	PROGETTO B
Distanza dalla centrale		100 Km	100 Km
Riduzione delle scorie nucleari da stoccare		10%	20%
Riduzione delle emissioni atmosferiche		20%	Nessuna Riduzione
Riduzione della bolletta elettrica annuale		10%	30%
Realizzazione Ospedali		NO	NO
Interventi di bonifica di siti inquinati		NO	SI

Figura 2. Uno degli esperimenti di scelta.

La proposizione di questi esperimenti di scelta permette di stabilire se i rispondenti valutano positivamente i benefici offerti e quali di questi preferiscono. Gli individui sono stati chiamati a effettuare dei confronti tra diverse localizzazioni della centrale, livelli di riduzione delle scorie nucleari da stoccare, livelli di riduzione delle emissioni, livelli di riduzione della bolletta elettrica e, infine, investimenti in opere pubbliche. In ogni situazione di scelta, i rispondenti hanno dovuto scegliere tra il progetto A, B o nessuno dei due⁵. Stimando il modello presentato nella sezione precedente, sarà stabilito quale di questi attributi ha influenzato maggiormente la scelta di un'alternativa. Il ruolo della distanza/vicinanza della centrale, benefici pubblici (riduzione scorie, riduzione emissioni, investimento in opere pubbliche) e benefici privati saranno analizzati in relazione ai costi sociali.

⁴ Anche in questa parte dello studio sono stati proposti 8 esercizi di scelta.

⁵ Nei casi in cui la scelta 'nessuno dei due' è stata effettuata, ai rispondenti è stato chiesto anche di indicare uno dei progetti. In un precedente lavoro preparato per Enel Foundation, con un campione di 555 rispondenti, l'analisi dei dati è stata concentrata sulle scelte tra progetto A e progetto B. In quel caso dunque non è stato stimato il coefficiente relativo all'opt out (scelta=nessuno dei due progetti) e la valutazione monetaria relativa alla non realizzazione della centrale. Tuttavia, le stime ottenute per i rimanenti coefficienti sono in linea con i risultati ottenuti in questo studio con un campione pari a 1198 rispondenti. Ulteriori dettagli sono disponibili su richiesta.

3. Discussione dei Risultati

3.1 Analisi descrittiva

Il questionario è stato programmato tramite QUALTRICS e somministrato online, utilizzando il panel italiano fornito da *ToLuna UK Limited*, ottenendo un totale di 1198 osservazioni valide. Il campionamento è stato realizzato controllando le quote per età, genere e regione di appartenenza. In tal senso, il campione presenta quote in linea con i valori della popolazione di riferimento, ovvero italiani residenti di età pari a 18 anni o superiore (DemoIstat, 2014). Tuttavia, come previsto (Kellner 2004), il campione è maggiormente istruito rispetto alla popolazione.

Tabella 2. Caratteristiche socio-demografiche del campione

Variabile	Statistica	Nord	Centro	Sud
Età	Media	45.9	42.3	41.8
	Dev. Standard	13.4	14.4	13.7
	<i>N</i>	483	237	399
Nucleo	Media	2.9	3.2	3.3
	Dev. Standard	1.1	1.2	1.1
	<i>N</i>	519	254	407
Genere	% Maschi	45.8	40.6	49.7
	<i>N</i>	524	256	418
Istruzione	% Licenza elementare/ media	15.7	8.59	10.5
	% Diploma	55.3	54.7	52.6
	% Laurea	14.1	21.85	18.1
	<i>N</i>	522	256	418

N rappresenta il numero totale di osservazioni ottenute per ciascuna variabile considerata.

Una prima descrizione dell'atteggiamento del campione nei confronti del nucleare è offerta in figura 3. Il nucleare è la fonte energetica che riscuote meno successo: infatti, oltre il 40% dei rispondenti ritiene che l'Italia non debba investire nello sfruttamento di questa energia. Questa percentuale è persino maggiore rispetto all'analogo dato per i combustibili fossili. Oltre il 70% del campione ritiene invece che occorra puntare sul solare e/o sul fotovoltaico. Anche le altre fonti rinnovabili sono considerate positivamente.

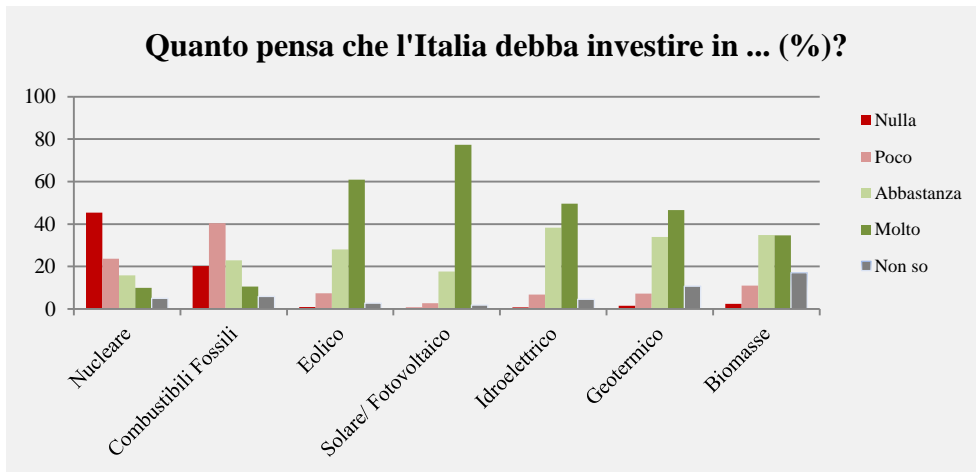


Figura 3: Preferenze dichiarate nei confronti delle diverse fonti di energia.

In Figura 1 è stata mostrata la domanda concernente il livello di importanza di ciascuno degli obiettivi della quarta generazione. Le relative risposte sono riportate in Figura 4. Subito dopo aver risposto, gli intervistati sono stati informati circa la tecnologia di riferimento ed è stato chiesto loro di indicare quanta fiducia ripongono nel raggiungimento di questi obiettivi (Figura 5).

Il livello di fiducia risulta essere inferiore rispetto al livello di importanza dichiarato. Questo si riscontra considerando tutti gli obiettivi proposti. Poiché il ruolo della fiducia è fondamentale per l'accettabilità di un progetto (Walker et al. 2009), sono necessarie misure volte a ridurre questo divario.

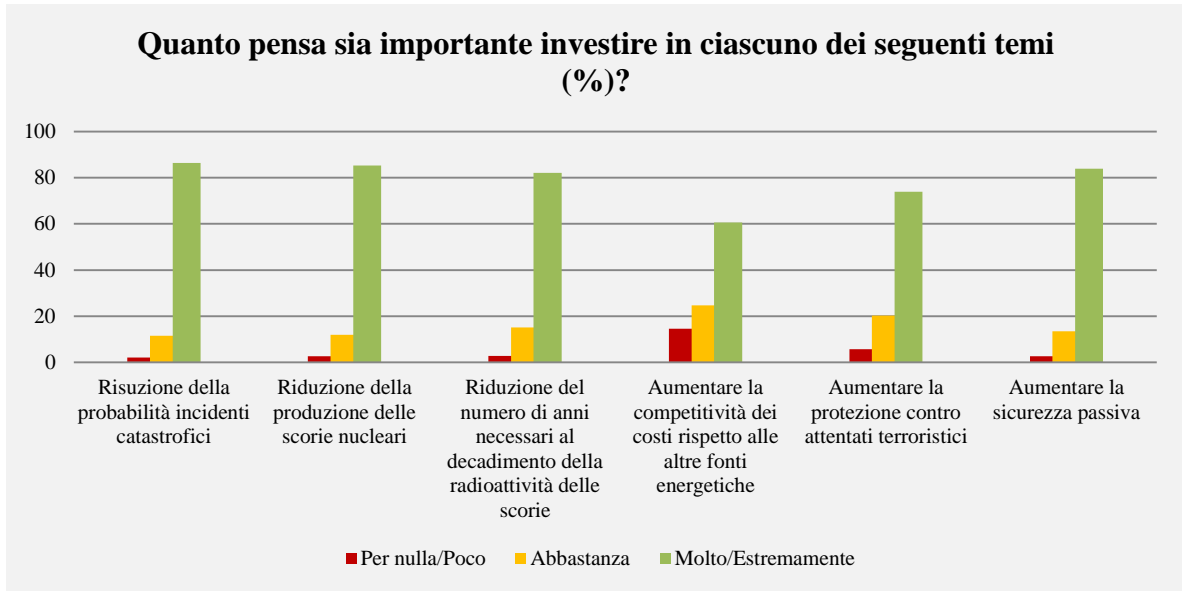


Figura 4: Importanza dichiarata.

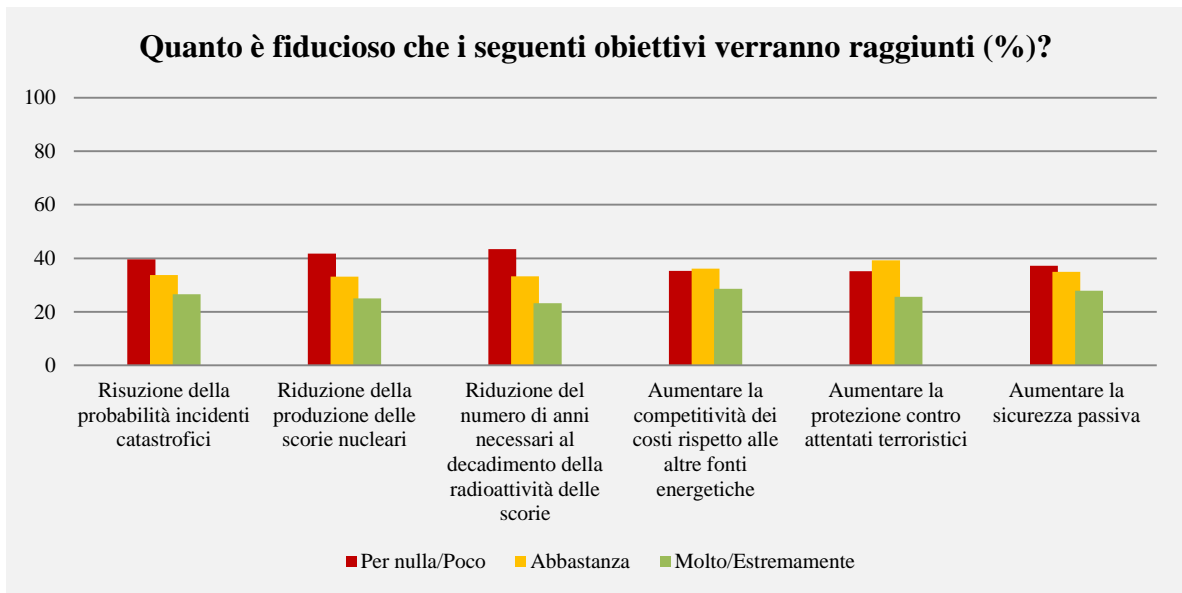


Figura 5: Fiducia dichiarata.

3.2 Analisi dei risultati: la DAP per ricerca e sviluppo nel nucleare di IV generazione

I risultati della regressione logistica, che permettono di analizzare le determinanti della DAP, sono mostrati in Tabella 3, mentre in Tabella A1 in appendice è fornita la descrizione delle variabili.

Prima di osservare i risultati, è necessario considerare che il 34% dei rispondenti ha dichiarato di essere disposto a sopportare un aumento del costo della bolletta elettrica annuale.

Il coefficiente relativo al prezzo (variazione percentuale della bolletta annuale) risultava essere non significativo nella prima parte dello studio, quando i prezzi sono stati comunicati ai rispondenti come variazioni percentuali del 5, 10, 15 e 20%. Come spiegato nella sezione 2.1, la ricerca è proseguita somministrando ai rispondenti variazioni inferiori.

Le seguenti determinanti della disponibilità a pagare per ulteriore ricerca e sviluppo sono individuate:

- 1) Coloro che ritengono che il nucleare si realizzerà in Italia sono associati a una minore probabilità di dichiararsi favorevoli: non ha senso investire nel nucleare per chi ritiene che non sarà mai realizzato.
- 2) Avere fiducia nella realizzazione degli obiettivi della IV generazione aumenta la probabilità di accettare di pagare.
- 3) Coloro che hanno dichiarato di aver già sentito parlare del nucleare di IV generazione sono associati a una maggiore probabilità di rispondere con un *SI* alla domanda di valutazione contingente.
- 4) Essere elettori di destra o di centro-destra non aumenta la probabilità di essere favorevole in modo significativo.
- 5) Esiste un effetto Fukushima: maggiore è la gravità associata all'incidente di Fukushima, maggiore è la probabilità di non voler contribuire alla ricerca e sviluppo del nucleare.

Tabella 3. Modello di valutazione contingente: Regressione Logistica. Variabile dipendente: Risposta alla domanda di valutazione contingente.

Variabile	Coefficienti	Standard Error
Prezzo	-0.003**	0.001
Mai Nucleare	-0.736***	0.145
Elettore di destra	0.281	0.197
Reddito	0.072*	0.048
Fiducia_IV	0.337***	0.036
IV_conoscenza	0.220*	0.145
Gravità_Chernobyl	0.079	0.138
Gravità_Fukushima	-0.271**	0.110
Nord	0.249*	0.162
Centro	0.275	0.192
Costante	0.056	0.576
Log-likelihood	-619.0419	
Pseudo R ²	0.148	
Numero di osservazioni valide	1128 ^a	

Livello di significatività: * = 15%, ** = 10, *** = 5, **** = 1%

^aIl numero di osservazioni è inferiore rispetto al totale disponibile a causa di risposte mancanti.

3.3 Analisi dei risultati: forme di compensazione per la costruzione di centrali nucleari in Italia

Il modello finale è presentato in Tabella 4 mentre la descrizione delle variabili è riportata in Tabella A1. La colonna *Coeff.* presenta i coefficienti stimati, i quali sono interpretabili come l'effetto (positivo o negativo) sulla probabilità di scegliere un'alternativa. La colonna VM rappresenta invece le valutazioni monetarie. Queste sono interpretabili in due modi: 1) la compensazione che i rispondenti dovrebbero ricevere in seguito al peggioramento del livello dell'attributo o 2) l'ammontare che sono disposti a pagare per il miglioramento del livello dello stesso.

Tutti i coefficienti stimati sono altamente significativi. La distanza della centrale sembra essere molto importante per i rispondenti: infatti, per spostare idealmente la centrale 200 Km più lontano (rispetto al livello di riferimento di 20 Km) sono disposti a sopportare una spesa di circa 340 euro. Quest'ammontare si riduce a circa 270 euro per 100 Km e circa 200 euro per 50 Km. Viceversa, i rispondenti andrebbero compensati con un ammontare pari a 340 euro per una centrale realizzata a 20 Km di distanza. I primi Km sono quelli che devono essere associati a una compensazione maggiore, in linea con il decreto legislativo N. 31/2010. Inoltre, i rispondenti sembrano essere

disposti a pagare circa 780 euro all'anno per famiglia per evitare la realizzazione di nuove centrali nucleari in Italia.

Tabella 4. Modello Multinomial Logit. Variabile dipendente: la scelta effettuata.

Variabile	Coeff.	VM (€)	VM (€)-Limite inferiore ^a	VM (€)-Limite Superiore ^a
ASC_Opt out	1.603*** (.089)	777.24	636.57	1023.18
Distanza 200 (20) Km ^b	.700*** (.053)	339.23	256.39	476.51
Distanza 100Km	.564*** (.060)	273.77	199.09	387.67
Distanza50Km	.415*** (.051)	201.11	138.85	295.68
Riduzione Scorie 30%	.723*** (.052)	350.57	271.82	480.78
Riduzione Scorie 20%	.618*** (.048)	299.96	234.09	407.81
Riduzione Scorie 10%	.364*** (.051)	176.86	122.63	252
Riduzione Emissioni	.273*** (.022)	132.42	100.33	184.7
Ospedali	.335*** (.043)	162.55	115.72	230.46
Bonifiche	.525*** (.039)	254.56	198.93	345.43
Riduzione Bolletta Elettrica (euro)	.002*** (.000)	/	/	/
Log-likelihood	-9213.3247			
Pseudo R ²	0.0807			
Numero di osservazioni valide	9123			

Livello di significatività: ***= 1%; Standard error in parentesi. ^aIntervalli di confidenza al 95% calcolati con il metodo Krinsky-Robb. ^bSe si interpreta la VM come disponibilità ad accettare (DAA), considerare questo livello come 20 Km; se invece si interpreta come disponibilità a pagare, considerare questo livello come 200 Km.

La significatività degli altri coefficienti mostra come in media i benefici siano stati accolti positivamente dai rispondenti. Una riduzione del 10% delle scorie nucleari rispetto ai livelli correnti è valuta pari a 176 euro/anno, valutazione che aumenta fino a 350 euro per una riduzione pari al 30%. Inferiore è il valore attribuito alla riduzione delle emissioni atmosferiche e delle scorie

nucleari rispetto ai livelli attuali, pari a 130 euro circa. Maggiore è l'importanza data alla realizzazione di ospedali e interventi di bonifica di territori inquinati e/o contaminati. Quest'ultimo beneficio sembra essere preferito rispetto alla realizzazione degli ospedali.

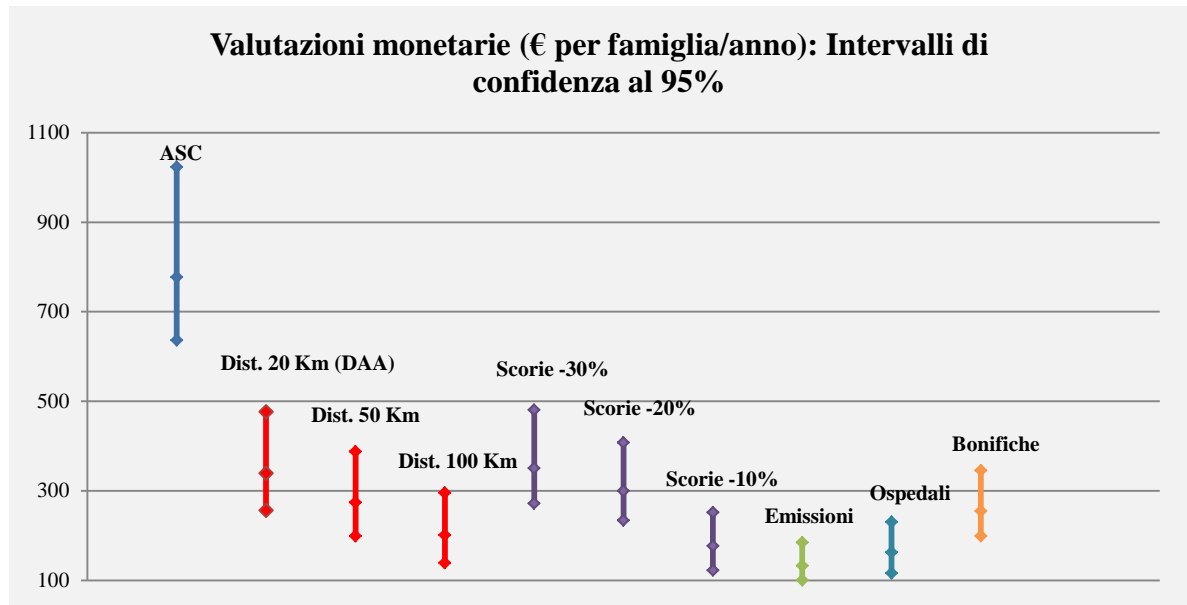


Figura 6: Rappresentazione grafica delle valutazioni monetarie presentate in Tabella 4.

4. Conclusioni

Le prime centrali nucleari di IV generazione non saranno verosimilmente disponibili prima di circa venti anni. Questo intervallo di tempo è analogo a quello che intercorse tra gli eventi di Chernobyl e il tentativo di re-introdurre il nucleare in Italia. L'incidente di Fukushima ha infiammato l'opposizione nei confronti di questa fonte di energia, e tutt'oggi un effetto Fukushima è ravvisabile nella minore disponibilità a pagare per R&D, maggiore è la gravità percepita di quegli eventi. Decisivo è inoltre il livello di fiducia che gli individui attribuiscono agli obiettivi della quarta generazione. Tuttavia, l'analisi descrittiva indica una scarsa fiducia circa il raggiungimento di questi.

Il secondo obiettivo dello studio è stabilire l'ammontare di alcuni costi e benefici derivanti dall'ipotetica realizzazione di centrali nucleari in Italia. I risultati mostrano che i rispondenti valutano positivamente le forme di compensazione offerte, attribuendo un'importanza crescente nell'ordine alla riduzione delle emissioni, realizzazione di ospedali, interventi di bonifica di siti contaminati e/o inquinati e riduzione delle scorie nucleari. La caratteristica più importante dei progetti è la distanza della centrale dal comune di residenza. I costi sociali legati al nucleare di IV generazione sono stati stimati: la realizzazione di centrali nucleari dovrebbe essere compensata con circa 780 euro a famiglia l'anno. Ulteriori compensazioni sono state stimate a seconda della distanza dal comune di residenza: una centrale realizzata a circa 20 Km di distanza è associata a una compensazione pari a 340 euro per famiglia l'anno. La compensazione può, anche in parte, essere costituita dalla riduzione delle emissioni atmosferiche, dalla riduzione delle scorie nucleari e da investimenti pubblici quali ospedali e interventi di bonifica. I risultati inoltre evidenziano come l'obiettivo del *IV gen forum* di rendere il nucleare di IV generazione economicamente vantaggioso debba includere i costi sociali connessi.

Questo è il primo studio che fornisce indicazioni sulle preferenze di un campione d'italiani nei confronti del nucleare di IV generazione, stimando i costi sociali connessi. Tuttavia, occorre notare che risultati presentati in questo lavoro sono stati ottenuti utilizzando modelli econometrici di base e successive analisi sono necessarie al fine di investigare le forme e l'entità dell'eterogeneità potenzialmente presenti nei dati. Inoltre i valori presentati non sono stati aggiornati: normalmente gli individui attribuiscono un'importanza minore a somme di denaro disponibili nel futuro. Infine, il futuro del nucleare potrebbe essere rappresentato anche dalla fusione nucleare (WNA 2014) che, come la quarta generazione, è in fase di ricerca e sviluppo.

Ringraziamenti

I commenti di Elisabetta Strazzerà, Susana Mourato e Christian Zolberti sono stati fondamentali a indirizzare e migliorare questo lavoro. Ringrazio inoltre i partecipanti del workshop *Energy, Environment and Well Being* tenutosi a Delmenhorst il 5 e 6 giugno 2014, dove sono stati presentati i risultati preliminari. Inoltre, la ricerca ha beneficiato dei commenti ottenuti all'interno del dipartimento Geography and Environment della London School of Economics and Political Science. L'eventuale presenza di errori è di sola responsabilità dell'autore. Questa ricerca è stata finanziata e resa possibile da Enel Foundation e dall'Economic and Social Research Council.

Bibliografia

- Apergis, N., Payne, J. E., Menyah, K., Wolde-Rufael, Y., 2010. On the casual dynamics between emissions, nuclear energy, renewable energy, and economic growth. *Ecological Economics* 69, p.2255-2260.
- Bateman I., Carson R., Day B., Hanemann M., Hanley N., Hett T., Jones-Lee M., Loomes G., Mourato S., Ozdemiroglu E., Pearce D., Sudgen R., Swanson J., 2002. *Economic Valuation with stated preferences Techniques: A manual*. Edward Elgar, Cheltenham.
- Cicia, G., Cembalo, L., Del Giudice, T., Palladino, A., 2012. Fossil energy versus nuclear, wind, solar and agricultural biomass: Insights from an Italian National survey. *Energy Policy* 42, p.59-66.
- Devine-Wright, P., 2007. Reconsidering public attitudes and public acceptance of renewable energy technologies: a critical review. The School of Environment and Development, University of Manchester. Disponibile presso: www.sed.manchester.ac.uk/research/beyond_nimbyism/
- ENEA, 2012. *Rapporto Energia e Ambiente 2009-2010*. ENEA, Roma, ISBN 978-88-8286-266-4.
- Gen IV Forum International Forum , 2013. Annual Report 2013. Disponibile presso: https://www.gen-4.org/gif/upload/docs/application/pdf/2014-06/gif_2013_annual_report-final.pdf
- Hayashi, M., Hughes, L., 2013. The policy responses to the Fukushima nuclear accident and their effect on Japanese energy security. *Energy Policy* 59, p.86-101.
- Hensher D. A., Rose, J., Greene, W. H., 2005. The implication on willingness to pay of respondents ignoring specific attributes. *Transportation* 32, p.203-222.
- Iaccarino, F., 2010. Resurgence of Nuclear Energy in Italy. *Nuclear Law Bulletin*, Vol. 2009/2.
- IEA, 2009. *Energy Policies of IEA countries-ITALY*. Disponibile presso <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/italy2009.pdf>
- Jewell J., 2011. Ready for nuclear Energy? An assessment of capacities and motivations for launching new nuclear power programs. *Energy Policy* 39, p.1470-1055.
- Kellner, P. 2004. Can online polls produce accurate findings? *International Journal of Market Research* 44(1), p.3-22.
- Kessides I. N., 2012. The future of the nuclear industry reconsidered: Risks, uncertainties, and continued promise. *Energy Policy* 48, 185-208.
- Kim, Y., Kim M., Kim, W., 2013. Effect of the Fukushima nuclear disaster on global public acceptance of nuclear energy. *Energy Policy* 61, p.822-828.
- Kosenius, A. K., Ollikainen, M., 2013. Valuation of environmental and society trade-offs of renewable energy sources. *Energy Policy* 62, p.1148-1156.
- Lancaster, K., J., 1966. A new approach to Consumer Theory. *Journal of Political Economy* 74(2), p.132-157.
- Locatelli G., Mancini M., Todeschini N., 2013. Generation IV nuclear reactors: Current status and future prospects. *Energy Policy* 61, p.1053-1520.
- MacKerron G., Egerton C., Gaskell C., Parpia A., Mourato S., 2009. Willingness to pay for carbon offset certification and co-benefits among high-flying young adults in the UK. *Energy Policy* 37(4):1372-1381.
- McFadden, D., 1974. Conditional logit analysis of quantitative choice behaviour. In: Zarembka, P., *Frontiers in Econometrics*. Academic Press, new York.
- Melber, B. D., 1982. The impact of the TMI upon the public acceptance of nuclear power. *Progress in Nuclear Energy* 10, p.387-398.
- Mez, L. 2012. Nuclear energy-Any solution for sustainability and climate protection? *Energy Policy* 48, p.56-63.
- Okagawa, A., Masui, T., Akashi, O., Hijioka, Y., Matsumoto, K., Kainuma, M., 2012. Assessment of GHG emission reduction pathways in a society without carbon capture and nuclear technologies. *Energy Economics* 34, p. S391-S398.

- Poortinga, W., Aoyagi, M., Pidgeon, N. F., 2013. Public perceptions of climate change and energy futures before and after the Fukushima accident: A comparison between Britain and Japan. *Energy Policy* 62, p.1204-1211.
- Renn, O., 1990. Public response to the Chernobyl accident. *Journal of Environmental Psychology* 10, p.151-167.
- Rose, J. M., Bliemer, M. C. J., 2009. Constructing efficient stated choice experimental designs. *Transport Reviews* 29(5), p.587-617.
- Samseth, J. 2013. Will the introduction of renewable energy in Europe lead to CO2 reduction without nuclear energy? *Environmental Development* 6, p.130-132.
- Shrader-Frechette, K., 2011. *What will work-Fighting climate change with Renewable energy, not nuclear power.* Oxford University Press.
- Siegrist, M., Visschers, V. H. M., 2013. Acceptance of nuclear power: The Fukushima Effect. *Energy Policy* 59, p.112-119.
- Srinivasan, T. N., Gopi Rethinaraj, T. S., 2013. Fukushima and thereafter: Reassessment of risks of nuclear power. *Energy Policy* 52, p.726-736.
- Strazzeria E., Mura, M., Contu, D., 2012. Combining choice experiments with psychometric scales to assess the social acceptability of wind Energy projects: A latent class approach. *Energy Policy* 48, p.334-347.
- Thomas, S. 2012. What will the Fukushima disaster change? *Energy Policy* 45, p.12-17.
- Van der Zwaan, B., 2013. The role of nuclear power in mitigating emissions from electricity generation. *Energy Strategy Reviews* 1(4), p.296-301.
- Walker, G., Hunter, S., Devine-Wright, P., Evans, B., High, H., 2009. Trust and community: exploring the meanings, contexts and dynamics of community renewable energy. *Energy Policy* 38(6), p.2655-2663.
- World Nuclear Association, 2014. Nuclear Fusion. Disponibile presso: <http://www.world-nuclear.org/info/Current-and-Future-Generation/Nuclear-Fusion-Power/>

Appendice

Tabella A1. Variabili incluse nei modelli econometrici.

Variabile	<i>Media</i>	<i>Dev. Stand.</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
<i>Esperimenti di scelta</i>				
ASC	0.33	0.47	0	1
Distanza 20 Km	0.17	0.37	0	1
Distanza 50 Km	0.17	0.37	0	1
Distanza 100 Km	0.50	0.49	0	1
Scorie - 30 %	0.16	0.37	0	1
Scorie - 20 %	0.17	0.37	0	1
Scorie - 10 %	0.17	0.37	0	1
Riduzione Emissioni	0.62	0.79	0	2
Ospedali	0.26	0.44	0	1
Bonifiche	0.27	0.44	0	1
Riduzione Bolletta Elettrica	68.35	78.61	0	203.73
<i>Valutazione contingente</i>				
Prezzo	52.6	48.5	0	300
Mai Nucleare	.47	.49	0	1
Elettore di destra	.14	.34	0	1
Reddito	2.98	1.46	0	7
Fiducia_IV	-3.33	2.20	-4.18	4.88
IV_conoscenza	.36	.48	0	1
Gravità_Chernobyl	4.69	.59	1	5
Gravità_Fukushima	4.46	.75	1	5
Nord	.43	.49	0	1
Centro	.21	.41	0	1