

Valutazione degli impatti dei cambiamenti climatici sulla salute

Anna Alberini¹, Aline Chiabai²

1 - Università di Maryland, College Park, Fondazione Eni Enrico Mattei (FEEM),
Centro Euro-Mediterraneo per i Cambiamenti Climatici (CMCC)

2 - Fondazione Eni Enrico Mattei (FEEM),
Centro Euro-Mediterraneo per i Cambiamenti Climatici (CMCC)

Prima versione: Agosto 2007. Rivisto: Novembre 2007

Questo rapporto nasce dalla collaborazione fra APAT (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici) e il CMCC (Centro Euro-Mediterraneo per i Cambiamenti Climatici) ed è stato realizzato all'interno del percorso organizzativo per la Conferenza Nazionale sui Cambiamenti Climatici (CNCC), promossa dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e organizzata da APAT il 12-13 Settembre 2007 a Roma. I principali risultati sono stati presentati nel workshop preparatorio alla CNCC "Gli impatti degli eventi estremi idrogeologici sulla vita umana: aspetti metodologici per la valutazione dei costi e delle politiche di intervento". Roma, 25 giugno 2007.

Commenti e suggerimenti sono benvenuti all'indirizzo economics@apat.it entro la fine di gennaio.

Nota introduttiva

Questo rapporto nasce da un lavoro di collaborazione fra APAT (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici) e il CMCC (Centro Euro-Mediterraneo per i Cambiamenti Climatici) realizzato all'interno del percorso organizzativo per la Conferenza Nazionale sui Cambiamenti Climatici (CNCC), promossa dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e organizzata da APAT il 12-13 Settembre 2007.

APAT ha ritenuto importante realizzare uno studio sulla valutazione economica degli impatti dei cambiamenti climatici e delle relative misure di adattamento in Italia, al fine di fornire una prima analisi e alcuni strumenti metodologici su questa tematica.

I risultati dello studio sono stati raccolti in vari rapporti scientifici di sintesi sulla valutazione degli impatti dei cambiamenti climatici e presentati sia nei workshop preparatori alla Conferenza Nazionale che nella seconda giornata della plenaria della CNCC:

- Le Zone Alpine Italiane: Implicazioni economiche del cambiamento climatico e strategie di adattamento. Saint-Vincent, 2-3 luglio 2007
- La dimensione socio-economica, i costi dell'inazione e le strategie di adattamento ai cambiamenti climatici sul sistema italiano idrogeologico. Napoli, 9-10 luglio 2007
- La desertificazione, i costi dell'inazione e la valutazione delle opzioni di adattamento al cambiamento climatico. Alghero, 21-22 giugno 2007
- Impatti del cambiamento climatico sulle zone costiere: Quantificazione economica di impatti e di misure di adattamento – sintesi di risultati e indicazioni metodologiche per la ricerca futura, con una appendice su “Valutazione degli impatti del cambiamento climatico in aree costiere italiane: tre casi studio a confronto”. Palermo, 27-28 giugno 2007
- Gli impatti degli eventi estremi idrogeologici sulla vita umana: aspetti metodologici per la valutazione dei costi e delle politiche di intervento. Roma, 25 giugno 2007
- Gli impatti macroeconomici del cambiamento climatico sui vari settori economici e sul commercio internazionale con un modello di equilibrio generale. Roma, 13 settembre 2007 Plenaria CNCC

Durante la Conferenza Nazionale, l'APAT è stata individuata come organismo di supporto tecnico-scientifico necessario allo sviluppo di strategie e piani di adattamento ai diversi livelli territoriali, con funzioni di centro di competenza sugli impatti e sull' adattamento ai cambiamenti climatici.

E' per queste ragioni che APAT e CMCC, coerentemente con le proprie funzioni istituzionali e proseguendo il lavoro avviato con la preparazione della Conferenza sui Cambiamenti Climatici 2007, hanno deciso di collocare on line lo studio sulla valutazione economica degli impatti dei Cambiamenti Climatici, con lo scopo di favorire la conoscenza di documenti già disponibili, sollecitare la trasmissione di contributi e infine raccogliere i suggerimenti e commenti da parte della comunità scientifica di riferimento, da integrare nella versione che sarà prossimamente pubblicata.

Si prega di inviare eventuali commenti e suggerimenti all'indirizzo economics@apat.it entro la fine di gennaio.

Indice

1. INTRODUZIONE E CONTESTO	3
2. IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLA SALUTE.....	5
3. STRATEGIE DI ADATTAMENTO	7
4. COSTI E BENEFICI DELLE POLITICHE DI ADATTAMENTO, E COSTI DI INAZIONE.....	11
4.1 COSTI DI ADATTAMENTO.....	11
4.1.1 <i>Categorie di costi</i>	11
4.1.2 <i>Attribuzione corretta dei costi</i>	13
4.2 BENEFICI DELL'ADATTAMENTO.....	14
4.2.1 <i>Quantificazione dei benefici fisici</i>	14
4.2.2 <i>Monetizzazione dei benefici</i>	16
4.2.3 <i>Benefici ancillari</i>	16
4.3 RISCHI REALI E PERCEPITI.....	18
4.4 L'INCERTEZZA.....	19
4.5 QUANTIFICAZIONE DEI COSTI E BENEFICI DI ADATTAMENTO, E DEI COSTI DI INAZIONE	20
5. LACUNE DI CONOSCENZA E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	25
APPENDICE METODOLOGICA	27
1. TECNICHE DI VALUTAZIONE MONETARIA	27
2. METODOLOGIE DI STIMA DEI BENEFICI DI ADATTAMENTO DERIVANTI DA UNA RIDUZIONE DELLA MORTALITÀ	38
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	48

1. Introduzione e contesto

I modelli globali e regionali di circolazione associati a specifici scenari di emissione dei gas dell'effetto serra (per esempio quelli associati agli scenari A2 e B2) prevedono un riscaldamento significativo nei mesi invernali nell'Europa settentrionale ed orientale, ed un aumento nella frequenza e durata delle ondate di calore in gran parte dell'Europa entro la fine del secolo (McGregor, 2006). Inoltre, i modelli climatici mostrano che ci sarà una modifica nel sistema delle precipitazioni e che queste saranno soggette ad una variabilità superiore rispetto a quella della temperatura.

Variazioni nell'intensità delle precipitazioni e nei periodi di ritorno rappresentano un alto potenziale per l'insorgenza di *flash flood* (piene improvvise) nei periodi estivi e di inondazioni nei periodi invernali (McGregor, 2006). Un altro motivo di preoccupazione riguarda gli *storm surges*, che andranno probabilmente a colpire le aree più basse rispetto al livello del mare. McGregor (2006) osserva che le variazioni di temperatura, le temperature estreme, le precipitazioni ed il vento possono influire sulla qualità dell'aria, mentre gli impatti del cambiamento climatico sulla qualità dell'aria non sono stati sufficientemente studiati e non sono quindi ancora ben compresi.

Queste previsioni confermano le osservazioni sul clima e sulla meteorologia in Europa negli ultimi anni. Nei decenni passati, l'Europa è stata interessata da un tasso di riscaldamento senza precedenti. Nel periodo 1976-1999, il numero medio annuo delle ondate di calore è aumentato due volte più velocemente della corrispondente riduzione del numero di periodi di freddo estremo. Nella maggior parte dell'Europa, l'aumento della temperatura media massima giornaliera durante i mesi estivi è stata superiore ai 0.3 °C per decennio durante il periodo 1976-1999. Nell'Inghilterra centrale, la frequenza dei giorni molto caldi è aumentata dagli anni 60, con estati estremamente calde nel 1976, 1983, 1990 e nel 1995. I periodi caldi continui sono diventati più frequenti, specialmente in maggio ed in luglio (Alberini e Menne, 2003).

Un'ondata di calore senza precedenti ha interessato la regione europea nell'estate del 2003. Gli impatti di questa ondata di calore sono stati aggravati per la presenza di livelli particolarmente elevati di inquinamento atmosferico. Questo ha determinato un eccesso di mortalità che ha interessato soprattutto gli anziani (75 anni e più), ma che si è manifestata anche tra le persone di età compresa tra i 45 e 74 anni. La maggior parte di queste morti in eccesso è stata attribuita a cause cardio-vascolari, cerebro-vascolari e respiratorie. La stima della mortalità attribuita all'ondata di calore del 2003 varia dai 35.000 decessi per otto paesi (Larsen, 2003) ai 72.000 decessi per 14 paesi (CRED, 2007). In Italia è stato constatato un aumento del 15% nella mortalità totale (per tutte le cause), rispetto alla mortalità registrata nello stesso periodo negli anni 2001 e 2002¹.

Nel trentennio compreso fra il 1973 e il 2002, il numero di disastri causati dalle inondazioni è aumentato drasticamente nei paesi europei, dai 31 del periodo 1973-1982 ai 179 dell'ultimo decennio. Le inondazioni hanno causato un totale di 264 disastri in tutto questo periodo. Nel 2002, 20 paesi europei hanno sperimentato almeno un'inondazione disastrosa. Agosto è stato

¹ Secondo le autorità, 34.071 persone di età superiore ai 65 anni sono morte dal 16 luglio al 15 agosto, periodo che corrispondeva all'apice dell'ondata di calore. Si tratta di 4.175 morti in più rispetto al numero osservato nello stesso periodo dell'anno precedente. Vedasi in proposito <http://www.cbsnews.com/stories/2003/09/11/world/main572686.shtml>. Questa stima è riportata altresì in Larsen (2003), mentre un più recente documento del CRED segnala in Italia circa 20.000 morti attribuibili all'ondata di calore avvenuta nel 2003.

un mese particolarmente drammatico per 13 di questi paesi, con inondazioni molto importanti in Austria, in Repubblica Ceca (18 morti) e in Germania (27 morti). Inondazioni improvvise e violente, con effetti devastanti, si sono inoltre registrate in specifiche aree localizzate nel sud della Francia, dove si sono contati 23 morti.

Questi fatti segnalano alcuni degli effetti potenzialmente più importanti del cambiamento climatico sulla salute umana in Europa e Italia: mortalità e morbidità che si registra durante e dopo le inondazioni e gli *storm surges* di intensità inusuale, e mortalità/morbidità associata agli stress termici. È anche possibile che si verifichi un aumento dell'incidenza di malattie trasmesse da vettori come l'encefalite da zecche, la malaria, le malattie da hantavirus trasmesse dai roditori, la leishmaniosi, ecc. se il cambiamento climatico dovesse comportare un aumento delle popolazioni di insetti e roditori (che trasmettono questi virus), e/o per effetto dell'espansione delle aree geografiche dove vivono questi portatori. Fame e malnutrizione associati a carestie e siccità sono altre potenziali conseguenze del cambiamento climatico, ma sono stati considerati non rilevanti per l'Europa da uno studio preliminare condotto nell'ambito del progetto europeo cCASHh (2006).

Considerata la rilevanza degli impatti del cambiamento climatico sulla mortalità, l'adozione di politiche di adattamento per ridurli si rivela uno strumento di grande utilità per l'Europa. Gli economisti raccomandano che, nel creare queste politiche, se ne considerino i costi e i benefici. Quando la situazione è complessa e le scelte decisionali si basano su politiche per la riduzione del rischio, l'Analisi Costi-Benefici aiuta il processo decisionale stesso attribuendo dei valori monetari ai costi e ai benefici associati a tali politiche. Lo scopo di questo articolo è quello di presentare le tecniche per la valutazione dei costi e dei benefici dell'adattamento, di riportarne alcune stime, e di discutere le sfide e le difficoltà che vi sono connesse.

Questo articolo è strutturato come segue. Il capitolo 2 presenta gli impatti dei cambiamenti climatici sulla salute dell'uomo relativamente alle ondate di calore e agli eventi idrogeologici sul territorio nazionale. Il capitolo 3 illustra il concetto di adattamento e presenta alcuni esempi di politiche di adattamento nel contesto della salute umana. Nel capitolo 4 si presenta una discussione sui costi e benefici di adattamento, la percezione del rischio, l'incertezza delle stime, ed infine si riportano alcuni esempi applicativi. Il capitolo 5 fornisce alcune osservazioni conclusive ed identifica le lacune ancora esistenti nella ricerca.

2. Impatti dei cambiamenti climatici sulla salute

Negli ultimi due secoli, le temperature medie annuali in Italia sono aumentate di 1,7°C (pari a oltre 0,8°C per secolo); tuttavia il contributo più rilevante a questo aumento è avvenuto negli ultimi 50 anni, nei quali l'aumento è stato di circa 1,4°C. Il Terzo e Quarto Assessment dell'IPCC prevedono un innalzamento ulteriore delle temperature nei prossimi cento anni ed un incremento nella probabilità di inondazioni lungo le zone costiere e non, di *storm surges*, ed altri eventi meteorologici estremi con rischi per la vita umana.

Attualmente l'Italia è il paese del Sud Europa colpito più frequentemente da inondazioni. Nove delle 13 alluvioni registrate nel decennio 1993-2002 sono avvenute negli ultimi 3 anni. Sulla base dei dati registrati dal Centre for Research in the Epidemiology of Disasters (CRED) negli ultimi 40 anni, si stima che in media 16 persone muoiono ogni anno in Italia in disastri idrogeologici quali inondazioni e frane. Il cambiamento climatico renderebbe perciò la popolazione ancora più esposta a inondazioni e frane, con il conseguente carico di disabilità e morti.

Ebi (2006) osserva come gli effetti negativi sulla salute associati ad inondazioni ed altri eventi meteorologici estremi possano essere raggruppati in due vaste categorie: (i) effetti fisici sulla salute, e (ii) effetti sulla salute mentale derivanti dal fatto di aver sperimentato il danno direttamente, o indirettamente durante eventuali cambi di abitazione e il recupero delle normali attività.

Gli effetti fisici sulla salute del tipo (i) possono essere ulteriormente distinti in effetti *diretti* causati da inondazioni, vento, ecc, ed effetti *indiretti* che derivano dagli impatti degli eventi meteorologici estremi su altri sistemi. Esempi di questi ultimi includono le malattie trasmesse dai vettori o dall'acqua, e gli effetti cronici ed acuti sulla salute in seguito a carenze di cibo, all'esposizione ad inquinanti chimici che vanno a contaminare l'acqua, ecc.

Per quanto riguarda la temperatura, è stato notato che il tasso di crescita delle temperature medie in Italia è superiore a quello medio globale. Sono anche aumentate, come durata e intensità, le ondate di calore estivo. L'anno 2003 ha prodotto le più intense e prolungate ondate di calore, oltre ad essere stato l'anno più caldo registrato in questi ultimi 200 anni.

Le ondate di calore vengono associate ad un aumento della mortalità per cause cardiovascolari, cerebro-vascolari e respiratorie. L'impatto sulla mortalità dipende da una serie di interazioni complesse tra temperatura e umidità, situazione ambientale e socio-economica. Le categorie della popolazione maggiormente vulnerabili sono le persone più anziane, le persone che vivono da sole e che hanno pochi contatti sociali (Klinenberg, 2002), coloro che sono affetti da disturbi cardiaci o cerebrovascolari ed in generali i malati cronici.

L'invecchiamento della popolazione diventa fonte ulteriore di preoccupazione perché aumenterà il numero delle persone a rischio. Gli effetti delle ondate di calore si riscontrano soprattutto nelle aree urbane e possono inoltre essere aggravati dalla presenza di inquinamento atmosferico.

Studi epidemiologici stimano che durante le ondate di calore ci sia un aumento del 13-90% della mortalità per cause cardio-vascolari, del 6-52% della mortalità per cause cerebro-vascolari, ed infine del 0-14% dei decessi per cause respiratorie (Kilbourne, 1997). Queste cifre rappresentano le cosiddette morti in eccesso attribuibili alle ondate di calore, nel senso che vengono stimate per differenza fra il numero di decessi osservati e la mortalità "normale" (la media di lungo periodo, o una media mobile appropriata per la stagione) (Nicol et al.,

2005; Braga et al., 2002; Semenza et al., 1996). L'eccesso di mortalità attribuibile alle ondate di calore si verifica nel breve periodo, nel senso che i picchi vengono osservati nello stesso giorno o nei due-tre giorni successivi all'ondata di calore. Si parla anche di “*harvesting*” o “*short-term mortality displacement*” per descrivere il fenomeno secondo il quale i picchi di mortalità sono seguiti da giorni con mortalità più bassa, che segnalerebbe il fatto che il calore ha colpito gli individui più deboli nella popolazione, coloro che presumibilmente non sarebbero comunque sopravvissuti per molto tempo.

Durante l'ondata di calore dell'estate 2003, molti decessi avvennero fra i pazienti ricoverati in case di riposo per gli anziani, che si presumono prive di impianti di condizionamento. L'adozione di impianti di condizionamento nelle case e nelle strutture per anziani può ridurre in modo efficace la mortalità associata alle ondate di calore.

3. Strategie di adattamento

La questione dell'adattamento ai cambiamenti climatici e i suoi effetti sulla salute umana e sulle attività economiche è stata ampiamente dibattuta dal Comitato Intergovernativo per i Cambiamenti Climatici (IPCC, 2001, 2007). Le politiche di adattamento possono essere adottate in aggiunta alle politiche di riduzione delle emissioni dei gas serra. Il fatto che un paese adotti o meno delle misure di adattamento influenza considerevolmente i danni attesi delle emissioni del carbonio (Tol, 2005).² L'Agenzia Europea dell'Ambiente (EEA) (2005) definisce l'adattamento come una serie di “politiche, misure e progetti che hanno l'effetto di moderare i danni e/o di realizzare le opportunità connesse con il cambiamento climatico”

Klein (1998, 2003) presenta una tassonomia del concetto di adattamento, distinguendo l'adattamento pro-attivo e reattivo (a seconda del momento in cui l'adattamento avviene) da quello privato (“autonomo”) e pubblico (“pianificato”). Grothmann e Patt (2005) propongono un modello di adattamento che illustra la valutazione del rischio (dove si stima la probabilità di un evento avverso, e i danni potenziali che sarebbero causati da tale evento) e la valutazione delle possibili opzioni di adattamento e dei loro costi.

Bosello et al. (2007) confrontano i benefici ed i costi di adattamento con quelli della mitigazione, precisando che quest'ultima richiede un investimento ora che porterà i suoi frutti nel lungo periodo, a causa dell'inerzia climatica, mentre l'adattamento produce i suoi benefici nel breve-medio periodo. Mentre i benefici della mitigazione sono globali, quelli dell'adattamento si riscontrano presumibilmente all'interno dello stesso paese che ha intrapreso l'adattamento.

Esempi di programmi e misure possibili di adattamento sono presentati in tabella 1. La parte A della tabella presenta delle iniziative possibili di adattamento agli eventi idrogeologici estremi, mentre la parte B riguarda le ondate di calore. Si parla di adattamento anticipatorio nel caso di misure atte a prevenire e/o minimizzare l'impatto del cambiamento climatico, e di adattamento reattivo nel caso di strategie adottabili dopo l'iniziale impatto.

L'adattamento può includere attività strutturali e non, dove le prime, come il nome suggerisce, implicano la messa in opera di costruzioni secondo degli standard e delle linee guida. In questa tabella, le azioni di adattamento sono state raggruppate in quattro gruppi principali—normative, tecniche, consultive e comportamentali. Quando appropriato, questi potrebbero, in linea di principio, essere associati ad incentivi economici con lo scopo di incoraggiare alcuni comportamenti o conformità a determinate linee-guida, o scoraggiare i comportamenti che espongono le persone a rischi aggiuntivi (per esempio, l'assicurazione contro l'inondazione indicizzata sul rischio o l'assicurazione dei proprietari di abitazione; si veda a tal proposito Kunreuther, 2006).

L'adattamento agli eventi meteorologici estremi è discusso nel paper di Bigano e Pauli (2007). Noi vogliamo enfatizzare il fatto che molte delle misure di adattamento strutturale, come ad esempio le linee guida per l'edilizia e l'attenta pianificazione urbana descritte nella tabella 1 (parte A), servono al duplice scopo di ridurre le perdite sulla proprietà e di salvare vite umane. I piani di evacuazione e di emergenza, d'altra parte, riducono solamente il

² Yohe e Schlesinger (2002) fanno notare come alcuni studi siano stati criticati per il fatto di aver sovrastimato la capacità di adattamento nel ridurre i costi associati al cambiamento climatico, specialmente quando la capacità di adattamento dei paesi in via di sviluppo è stata applicata al mondo industrializzato. I due autori evidenziano anche che l'ammontare di risorse utilizzate per ridurre tali costi è fortemente influenzato da eventi casuali e dall'incertezza.

numero dei morti potenziali. Ebi (2006) mette in evidenza che nessuna di queste misure è in grado di fornire una protezione assoluta.

Per quanto riguarda le ondate di calore, i cosiddetti Heat Health Watch/Warning Systems (HHWSs)—sistemi di vigilanza sulle ondate di calore—sono considerati uno strumento di salute pubblica efficace al fine di ridurre gli effetti avversi di un calore eccessivo sulla salute umana. Brevemente, esso consiste nelle seguenti misure: (i) pianificazione prima dell'inizio del caldo eccessivo; (ii) sistemi di allerta basati su osservazioni meteorologiche; (iii) azioni rapide e coordinate durante le ondate di calore; (iv) criteri e procedure per disattivare il piano, e (v) valutazioni in seguito alle attività di risposta e ai risultati conseguiti (McGeehin and Mirabelli, 2001). Un HHWS pertanto comprende diversi elementi riportati nella tabella 1, parte B.

Kovats and Ebi (2006) offrono una discussione di tali programmi e della loro efficacia, e concludono che la semplice disseminazione passiva di informazione è insufficiente. I migliori programmi sarebbero quelli che, in aggiunta a tale disseminazione informativa, predispongono piani di emergenza e personale adeguato, centri con aria condizionata, e l'invio di avvertimenti a persone per le quali il rischio è particolarmente elevato. Quest'ultime comprendono gli anziani, coloro che vivono da soli e hanno problemi di mobilità, i senza tetto, persone con problemi di salute mentale, e persone affette da certe condizioni croniche. Raggiungere queste persone richiede la predisposizione e l'uso di specifici database contenenti gli estremi anagrafici della popolazione, nonché adeguate risorse finanziarie.

Attualmente, 21 città negli Stati Uniti e alcune città nel Canada hanno adottato il sistema HHWS, basato su masse d'aria sinottiche, sviluppato presso l'Università di Delaware sotto la direzione del Dr. Kalkstein. A partire dall'estate 2004, un anno dopo l'ondata di calore del 2003, che ha causato migliaia di decessi in tutta l'Europa, il sistema HHWSs e i programmi di prevenzione adottati nelle città americane furono attivati nelle città italiane di Bologna, Roma, Milano and Torino. Nello stesso anno, i sistemi di avvertimento furono adottati per la prima volta in via sperimentale in altre quattro città italiane (Brescia, Genova, Palermo e Firenze) (Michelozzi et al., 2005). Nell'estate 2007, questi sistemi sono stati adottati in 17 città italiane³.

Un aspetto importante nella gestione dell'adattamento alle ondate di calore è l'adattamento fisiologico al caldo. Nicol et al. (2006) notano che l'esistenza di un adattamento fisiologico entro pochi giorni o settimane è comprovata tra le persone che, per ragioni professionali, si spostano spesso (soldati, atleti, etc.). Chan et al. (2001) propongono un modello meccanicistico che si traduce in una temperatura interna e in un indice degli effetti del calore sulla salute. Tale modello riflette esposizione, modifiche comportamentali e adattamento fisiologico.

L'adattamento fisiologico è una delle possibili ragioni per cui l'eccesso di mortalità è maggiore durante le prime ondate di calore estive, e tende a ridursi durante le ondate di calore successive (Sheridan and Kalkstein, 2004). Un'altra ragione è probabilmente legata al fatto che la prima ondata di calore colpisce gli individui più deboli – e gli individui che sopravvivono sono più forti e meno sensibili ai successivi stress termici. Una delle questioni che resta non risolta a tutt'oggi è come l'adattamento fisiologico interagisce con l'adattamento pianificato, come i sistemi HHWSs.

³ http://www.protezionecivile.it/cms/view.php?cms_pk=1364&dir_pk=187, accesso 31 Agosto 2007.

Tabella 1.A. Adattamento agli eventi idrogeologici estremi.

AZIONI DI ADATTAMENTO	Strutturali o non?	Anticipatorie (prevenzione)	Reattive
Legislative/regolazioni	Interventi strutturali	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Identificazione delle aree vulnerabili e riallocazione delle attività in sedi lontano dalle zone a rischio. ▪ Linee guida per la costruzione di edifici e regolazione della pianificazione urbana. ▪ Incentivi economici per la costruzione di edifici. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mobilizzazione di risorse supplementari e di personale in caso di emergenza per interventi strutturali.
	Interventi non-strutturali	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Identificazione delle aree vulnerabili e norme/regolamentazioni per il loro uso. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pianificazione pre-disastro per il ripristino. ▪ Pronto soccorso e piani d'emergenza (ospedale e primo intervento, evacuazione provvisoria delle persone). ▪ Mobilizzazione di risorse supplementari e di personale in caso di emergenza.
Tecniche	Interventi strutturali	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pianificazione urbana e procedure/standard per costruzioni resistenti alle inondazioni nella piana alluvionale. ▪ Innalzamento delle difese da inondazione. ▪ Strutture di protezione dall'inondazione (dighe o deviazioni dell'acqua; strutture per il contenimento delle inondazioni come dighe, argini, banchi di sabbia, pareti e muri rialzati, stazioni di pompaggio ed altre strutture di supporto, rivestimenti). ▪ Rimboschimento. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Interventi post-disastro per il ripristino.
Consultive	Interventi strutturali e non-strutturali	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Previsioni dei disastri meteorologici e idrogeologici in tempo reale. ▪ Implementazione di sistemi di allerta anticipata e campagne di informazione sulle azioni comportamentali in caso di inondazione. 	—
Comportamentali	Interventi strutturali e Non-strutturali	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Scelta o costruzione di case resistenti agli alluvioni seguendo specifiche linee-guida ▪ Adattamento di determinate strutture della casa sulla base di specifiche linee-guida. ▪ Azioni preparatorie in casa nel caso di inondazione prevista (spostare i mobili , ecc.) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Azioni da intraprendere dopo l'inondazione.

Tabella 1. B. Adattamento alle ondate di calore

AZIONI DI ADATTAMENTO	Strutturali o non?	Anticipatorie (prevenzione)	Reattive
Legislative/normative	Interventi strutturali	Linee-guida per la costruzione di edifici.	—
	Interventi non-strutturali	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Identificazione dei gruppi vulnerabili nella popolazione (per età, salute e caratteristiche sociali). ▪ Linee-guida per l'elaborazione di piani di monitoraggio, di sorveglianza e di intervento. ▪ Implementazione di sistemi di sorveglianza epidemiologici. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Servizi di assistenza finanziaria e domiciliare, sistemi automatizzati di "telecare", accompagnamento e trasporto ai servizi medici di emergenza, attuabili dai comuni per i gruppi a rischio. ▪ Piani d'emergenza (ospedale e primo intervento).
Tecniche	Interventi strutturali	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Isolamento termico degli edifici e aria condizionata (nelle case private e negli edifici pubblici). ▪ Pianificazione urbana (isole verdi, fontane, tetti verdi e piantagione di alberi). 	—
Consultive	Interventi strutturali e non-strutturali	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sistemi di previsione delle ondate di calore. ▪ Sistemi di allarme e di monitoraggio della temperatura. ▪ Campagne d'informazione e consigli. 	—
Comportamentali	Interventi strutturali/non strutturali	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Utilizzare condizionatori, vivere in zone con aree verdi, scegliere case con un buon stato di isolamento. ▪ Usare vestiti adatti, bere di più, visitare posti con l'aria condizionata, visitare posti con aree verdi. 	—

4. Costi e benefici delle politiche di adattamento, e costi di inazione

Allo scopo di fornire un contesto alla discussione sui costi e benefici dell'adattamento, si consideri il seguente semplice modello. Indichiamo con $p(M)$ la probabilità di un evento meteorologico o idrogeologico estremo. La probabilità di questo evento, che dipende dal clima e dai cambiamenti climatici, può essere influenzata dalle politiche di mitigazione M (anche se con intervalli di tempo molto lunghi). I danni alla salute associati a questo evento estremo sono indicati da D . Con D intendiamo i danni fisici - numero di morti, di ricoveri ospedalieri, o altri impatti sulla salute. D dipende dalle misure di adattamento, dalla sensibilità e dall'esposizione, sia direttamente che indirettamente, attraverso l'influenza che questi ultimi possono avere sull'adattamento. Chiaramente, D è una misura della vulnerabilità della salute umana.

Tenendo la mitigazione costante, e concentrandosi sull'adattamento, i benefici netti dell'adattamento sono definiti come:

$$(1) \quad NB = p(M) \cdot \Delta D(A) \cdot V - C(A)$$

dove $\Delta D(A)$ è la riduzione degli effetti avversi sulla salute ottenuti tramite l'adattamento A , V è il valore associato al fatto di evitare specifici effetti negativi sulla salute, mentre C è il costo dell'adattamento. Per esempio, se D è il numero di morti, V è il Valore di una Vita Statistica (VSL). Se D fosse il numero di lesioni o di ricoveri ospedalieri, V sarebbe la disponibilità a pagare per evitare una ferita o un ricovero ospedaliero.

Quindi quali sono i benefici dell'adattamento? Li definiamo come il valore monetario della riduzione della vulnerabilità rispetto alla situazione senza adattamento ($A=0$) (o con minimo livello di adattamento o livello corrente di adattamento):

$$(2) \quad B = p(M) \cdot \Delta D(A) \cdot V = p(M) \cdot [D(A) - D(A=0)] \cdot V$$

I costi dell'inazione sono quindi i benefici dell'adattamento ai quali si rinuncia e sono uguali a B . Il costo dell'adattamento sarà rappresentato dalle risorse consumate per fornire l'adattamento A - come viene discusso più avanti, questo può includere i costi di costruzione, i costi operativi e di mantenimento delle strutture, di predisposizione e funzionamento dei piani di emergenza e dei sistemi di intervento ecc. Per semplicità, in questa presentazione abbiamo aggregato l'adattamento autonomo (per esempio, individui che comprano i condizionatori di aria per limitare i rischi potenziali legate a temperature estremamente elevate) ed adattamento pianificato (se frutto di strategie politiche), ma la notazione può essere modificata facilmente per distinguere i due tipi di adattamento.

4.1 Costi di adattamento

4.1.1 Categorie di costi

Quando gli economisti stimano i costi di una politica o di un progetto allo scopo di condurre un'Analisi Costi-Benefici (ACB), si riferiscono ai costi sociali della politica, che possono essere ben differenti dai costi privati della politica. I costi sociali totali sono la somma di tutti i costi opportunità sostenuti dalla società per l'implementazione di una nuova politica. I costi opportunità corrispondono alle risorse impiegate per l'implementazione della politica,

includendovi le eventuali riduzioni nella produzione (se esistono). Per semplicità, distinguiamo qui sotto i costi della politica in cinque ampie categorie:

- costi delle risorse reali impiegate, includendo i costi per aderire a leggi e regolamentazioni
- costi istituzionali di regolamentazione
- perdite di benessere sociale
- costi di transizione
- costi indiretti

Con costi delle risorse reali intendiamo tutte le risorse che sono usate per implementare il programma o la politica. Per quanto riguarda i costi per aderire a leggi e regolamentazioni, tali costi includono tutte le risorse impiegate per aderire alle funzioni regolatrici del programma. Consideriamo ad esempio una politica di *mitigazione* che richiede alle centrali elettriche di ridurre le emissioni di gas serra (GHG). In questo caso, i costi in questione sarebbero connessi con l'acquisto e l'installazione di nuove apparecchiature di controllo dell'inquinamento, i cambiamenti del processo di produzione che richiedono differenti input o combinazioni di input, l'acquisto di attrezzature in grado di catturare le emissioni di carbonio per lo stoccaggio sicuro. Questi costi, quindi, sarebbero sopportati direttamente dalle ditte o dalle industrie. Nel caso di *adattamento*, il costo di costruzione e manutenzione di argini e difese costali, nonché i costi operativi di funzionamento, sono un esempio di costi delle risorse reali impiegate.

I costi per aderire a leggi e regolamentazioni sono spese legate alle prescrizioni governative ed includono i costi di controllo, di amministrazione e di applicazione associati alla politica, in particolar modo se quest'ultima ha una funzione regolatrice. Il costo di lancio di nuovi mercati (ad esempio, un programma per lo scambio di emissioni) sarebbe incluso in questa categoria di costi. Si consideri, invece, che qualsiasi incentivo pagato dal governo alle ditte o ai privati per indurli ad intraprendere determinate azioni (o per frenarli dall'intraprenderne altre) non è generalmente incluso tra i costi della politica.⁴ Si può ragionevolmente presumere che tali incentivi siano dei trasferimenti da un gruppo di agenti (per esempio, i contribuenti) ad un altro gruppo di agenti, e quindi dei costi per i primi e benefici per i secondi. Per evitare di contarli due volte, vengono generalmente esclusi dal calcolo dei costi e dei benefici.

Per quanto riguarda le perdite di benessere sociale, queste riguardano generalmente le perdite del produttore e del consumatore connesse con eventuali rialzi dei prezzi o diminuzioni nella produzione connesse alla politica. Se il costo di un prodotto dovesse aumentare a causa della politica, i consumatori ne comprerebbero presumibilmente delle quantità inferiori oppure ricorrerebbero ad un bene sostituto, il che porterebbe ad una riduzione del surplus del consumatore. Se, ad esempio, fosse richiesto alle centrali elettriche di ridurre le emissioni di gas serra e queste dovessero sopportarne i costi, tali costi sarebbero trasferiti al consumatore attraverso un aumento dei prezzi. La dimensione della riduzione del surplus del consumatore dipende dalla struttura del mercato e dalle elasticità della domanda e dell'offerta per il prodotto in questione. Una volta che questi sono conosciuti, è possibile ottenere una stima del cambiamento nel surplus del consumatore. Il computo di questa categoria di costi è complicato dalle difficoltà di stima della domanda e dell'offerta per il prodotto, così come da ogni cambiamento strutturale nel mercato del bene, il cui prezzo o offerta è influenzato dalla politica.

⁴ Tali incentivi includerebbero, ad esempio, crediti d'imposta o sussidi per le attività economiche localizzate in certe aree, oppure incentive finanziari offerti alle famiglie private affinché si spostino da un'area ad alto rischio idrogeologico.

I costi sociali di transizione includono il valore di tutte le risorse trasferite per effetto della politica ed i costi privati di redistribuzione di queste risorse. Questi includono, tra gli altri, la disoccupazione e la chiusura di fabbriche, gli spostamenti delle risorse in altri mercati (per esempio, il capitale potrebbe essere attratto in altri mercati se i tassi di interesse del mercato in questione si riducessero), i costi di transazione e tutte le interruzioni di produzione che intervengono come conseguenza della politica.

Si noti inoltre che le eventuali perdite di occupazione connesse con la politica potrebbero essere compensate da posti di lavoro supplementari che devono essere creati per implementare della politica. Inoltre, quando si calcolano i costi dovuti alle perdite di occupazione, è importante esaminare la durata del periodo di disoccupazione, la dimensione del gruppo dei lavoratori coinvolti, i costi dei programmi di ri-addestramento e le indennità di disoccupazione.

L'ultima categoria comprende i costi indiretti, come gli effetti negativi che la politica può avere sulla qualità del prodotto, sulla produttività dei fattori, sull'innovazione, sugli investimenti che tende a scoraggiare e sui cambiamenti nei mercati influenzati indirettamente dalla politica. In alcuni casi, certi effetti saranno già percepibili dalle perdite del benessere del produttore e del consumatore. È quindi importante evitare un doppio conteggio di questi costi.

4.1.2 Attribuzione corretta dei costi

Quando le politiche di adattamento si inseriscono in un sistema di politiche già esistenti, bisogna fare attenzione ad includere nel calcolo soltanto i costi e i benefici addizionali delle politiche di adattamento. Per esempio, per quanto riguarda gli HHWSs—i sistemi di vigilanza sulle ondate di calore—Ebi et al. (2004) studiano il sistema adottato a Filadelfia nel 1995, e stimano che 117 morti tra gli anziani sono state evitate in seguito alla pubblicazione di avvertimenti per il periodo triennale tra il 1995 e 1998. I benefici del sistema per la mortalità sono stimati moltiplicando le 117 vite salvate per una cifra nota come il Valore della Vita Statistica (in inglese, Value of a Statistical Life, o VSL), che rappresenta quanto la società è disposta a pagare per prevenire una morte (si veda l'appendice per la definizione e vari aspetti della stima del VSL). Ebi usa un VSL di \$4 milioni. I costi corrispondono essenzialmente agli stipendi del personale extra richiesto per far funzionare il sistema, che si fonda principalmente sui sistemi preesistenti di previsioni del tempo e sulle squadre di emergenza. Ebi et al. stimano che questi costi sono nell'ordine di \$210.000 nel triennio in oggetto. I benefici eccedono quindi ampiamente i costi di messa in opera del sistema di vigilanza e del suo funzionamento.

In alcuni casi, quando la politica ha diversi effetti, è difficile attribuire correttamente i costi. Si supponga ad esempio che si voglia introdurre delle politiche di mitigazione che richiedono l'installazione di apparecchiature di controllo dell'inquinamento per ridurre le emissioni di anidride carbonica; si supponga inoltre che -come spesso succede e come illustrato nella nostra discussione sui benefici ancillari (vedasi sezione 4.2.3) - la stessa apparecchiatura porti alla riduzione anche di un'altra sostanza inquinante che non sia un gas serra. Qual è il costo sostenuto per ridurre l'anidride carbonica e qual è il costo per ridurre l'altra sostanza inquinante? McConnell (1990) ripartisce il costo totale tra i due tipi di emissione in proporzione ai relativi benefici.

Consideriamo ora una politica di adattamento, per esempio un programma di evacuazione in presenza di eventi climatici estremi. Questo programma salverà delle vite ma non le proprietà immobiliari, e quindi il suo costo può facilmente essere paragonato ai benefici monetizzati

delle vite salvate. Al contrario, una diga serve a proteggere terre e proprietà, oltre che a salvare potenzialmente delle vite. È relativamente facile valutare il costo di costruzione, di mantenimento e i costi operativi di una tale struttura, ma non è chiaro quale parte dei costi contribuiscono alla protezione delle terre e delle proprietà e quali a salvare le vite, a meno che non si possa dimostrare che realizzare una diga di una certa altezza e spessore possa salvare un determinato numero di vite durante un evento meteorologico estremo.

Concordiamo con Bosello et al. (2007) quando notano che (i) vi è poca informazione sui costi di adattamento agli effetti sulla salute umana dei cambiamenti climatici, (ii) è estremamente difficile stimare la riduzione degli impatti fisici sulla salute derivanti dall'adozione di politiche di adattamento e (iii) è praticamente e concettualmente difficile distinguere i costi connessi con le variazioni dello stato di salute dai costi totali dell'adattamento ai cambiamenti climatici.

4.2 Benefici dell'adattamento

4.2.1 Quantificazione dei benefici fisici

In teoria, i benefici di una politica di adattamento vengono misurati dalla Disponibilità A Pagare (DAP) per l'implementazione di questa politica da parte dei beneficiari. I benefici totali della politica sono la somma delle diverse DAP dei beneficiari. Questo implica che la priorità per l'analista che desidera stimare i benefici di una politica deve essere quella di identificare i beneficiari della politica. Il passo successivo consiste nel quantificare gli effetti fisici della politica.

Nel caso di adattamento agli effetti sulla salute umana del cambiamento climatico, gli effetti fisici delle politiche di adattamento saranno le riduzioni della morbilità (malattie) e della mortalità connesse con le ondate di calore, gli eventi idrogeologici estremi ecc. Gli analisti fanno riferimento tipicamente a studi clinici, epidemiologici ed ingegneristici oppure al giudizio professionale, quando devono quantificare gli effetti fisici delle politiche. Questo può richiedere la stima di funzioni epidemiologiche dose-risposta o di funzioni concentrazione-risposta (se la politica ha effetti sulla salute umana), di modelli idrologici (se la politica regola la gestione dell'acqua), di modelli di trasporto (se la politica regola la congestione stradale o modifica le vie di comunicazione), e così via., a seconda del contesto e del tipo di adattamento.

Per esempio, negli studi epidemiologici le ondate di calore sono state associate ad una mortalità elevata, soprattutto fra gli anziani e coloro che soffrono di problemi cardio e cerebro-vascolari. Alcuni studi ecologici basati su serie storiche (per esempio, Ebi et al., 2004) o studi longitudinali delle popolazioni di diverse città (per esempio, Michelozzi et al., 2005) hanno associato la mortalità a variabili come il tempo atmosferico, la durata dell'ondata di calore, il tipo di massa d'aria, le caratteristiche della popolazione e ad altre variabili socioeconomiche.

Questi studi epidemiologici possono essere classificati in due categorie principali. La prima è quella che comprende gli studi cosiddetti ecologici, nei quali si esamina il numero totale di morti in ogni giorno (in eccesso della mortalità attesa) e lo si mette in relazione con la temperatura e umidità di quel giorno, e altre variabili (si veda per esempio O'Neill et al., 2003).⁵ Un'alternativa è quella di utilizzare i certificati di morte individuali e di costruire uno

⁵ Deschênes e Greenstone (2007), invece, usano i dati sulla mortalità annuale a livello di contea, e li regrediscono sul numero di giornate in cui la temperatura cade entro un range specifico per quella località e

studio di tipo caso-e-controllo. Questo approccio permette a Ramon-Medina et al. (2006) e Ramon-Medina e Schwartz (2007) di analizzare l'importanza di razza, età, causa e luogo di morte.

È importante che queste analisi di regressione controllino in modo esplicito per i comportamenti e le iniziative di adattamento, in modo che gli impatti delle politiche di adattamento possano essere distinti dagli effetti del tempo e da altre caratteristiche della popolazione. Controllare per le politiche di adattamento è essenzialmente ciò che permette all'analista di identificare che cosa sarebbe accaduto in assenza di adattamento (ad esempio, per $A=0$, vedere l'equazione (2)).

Siamo a conoscenza di un solo studio ecologico delle ondate di calore che fa esattamente ciò—quello di Ebi et al. (2004). La maggior parte degli altri studi sono equazioni di regressione in forma ridotta che non controllano esplicitamente per le politiche di adattamento e che non possono quindi essere usate per calcolare gli effetti dell'adattamento, anche se Davis et al. (2003), per esempio, osservano una riduzione nel tempo della mortalità collegata al calore negli Stati Uniti, e attribuiscono questo risultato all'adozione dell'aria condizionata.

È inoltre importante intraprendere degli studi empirici per stimare gli effetti delle politiche di adattamento in condizioni operative di gestione, piuttosto che soltanto da un punto di vista teorico o attraverso valutazioni ingegneristiche. Per esempio, Ebi et al. studiano gli effetti della realizzazione di un sistema di vigilanza per ondate di calore a Philadelphia, installato a metà degli anni 90. In tale articolo si evidenzia il fatto che le autorità hanno insistito affinché il numero di avvertimenti fosse ridotto rispetto a quanto indicato dal nuovo sistema di vigilanza. Questo perché c'è il rischio che un'eccessiva frequenza di avvertimenti porti la gente ad ignorarli. Il nuovo sistema di vigilanza sul calore e lo stato di salute raccomandava di pubblicare avvertimenti e annunci per 70 giorni estivi nel triennio 1995-1998, ma soltanto in 16 di questi casi gli avvertimenti sono stati realmente pubblicati. Il Sistema Nazionale di Previsioni Meteorologiche ha invece pubblicato avvertimenti sul calore per 5 giorni per un totale di 21 giorni di avvertimenti in 3 anni, anche se il sistema di vigilanza non li ha richiesti esplicitamente.

Valutare i sistemi nelle condizioni operative di gestione è reso complicato—o del tutto impossibile nel breve termine—dal fatto che gli eventi stessi da cui questi sistemi ci devono proteggere sono molto rari. Bosello et al. (2007) mettono in evidenza come la quantificazione degli effetti sulla salute umana del cambiamento climatico sia estremamente difficile:

“In primo luogo, ci sono scarse pubblicazioni che evidenziano una relazione tra cambiamenti nello stato di salute e tendenze climatiche osservate nei decenni recenti. In secondo luogo, quando si vuole pervenire a stime future, vi è un'ulteriore difficoltà nell'estrapolare le funzioni di rischio tenuto conto delle circostanze climatico-ambientali non precedentemente riscontrate. Queste ultime possono risultare infatti altamente inadeguate, per effetto dei possibili processi autonomi di acclimatazione, come quei cambiamenti fisiologici e del comportamento che avvengono autonomamente ed automaticamente negli individui e nelle popolazioni. Bisogna inoltre considerare l'elevata incertezza associata alle circostanze economiche e sociali future che sono di fondamentale importanza nella determinazione della vulnerabilità finale.”

quell'anno. Questi autori concludono che il calore ha un effetto ridotto sulla mortalità, e che, in ogni caso, richiederebbe un ammontare modesto di risorse (0,1-0,3% del PIL) per mitigarne gli effetti sulla salute umana. La mitigazione avverrebbe attraverso un aumento dell'uso dell'aria condizionata che utilizza risorse energetiche.

Una volta che gli effetti fisici sono stabiliti, è necessario attribuire loro un valore monetario.⁶

4.2.2 Monetizzazione dei benefici

Teoricamente, il modo corretto per stimare i benefici di una politica di adattamento è quello di chiedere ai beneficiari della politica qual è la loro DAP questa politica. La disponibilità a pagare è l'importo massimo che può essere sottratto dal reddito della persona, affinché questa, dopo l'implementazione della politica, resti allo stesso livello di utilità o benessere di prima.⁷ I benefici di una politica di riduzione della mortalità sono uguali al prodotto del valore della vita statistica per il numero di morti evitate. Facendo delle assunzioni relativamente semplici, il valore di una vita statistica si stima dividendo la DAP per ridurre il rischio di morire associato ad una determinata causa per la riduzione marginale del rischio indotta dalla politica. Consideriamo il già menzionato sistema di vigilanza sul calore e lo stato di salute. Per la città di Filadelfia, il sistema ha permesso di evitare 117 morti relative al calore in 3 anni. Per stimare i benefici relativi alle morti evitate dal programma in questione, si deve moltiplicare questo numero per il valore associato ad una morte evitata (\$4 milioni).

Nel caso di morbilità (o di ricovero ospedaliero), è facile mostrare come la DAP per evitare una malattia è la somma dei seguenti componenti: le spese mediche, le spese sostenute dall'individuo per la prevenzione (che riduce l'esposizione), il reddito da lavoro perso per malattia ed il valore della dis-utilità (disagio) sopportata dal malato.

4.2.3 Benefici ancillari

Una considerevole attenzione è stata dedicata ai potenziali benefici addizionali delle politiche di mitigazione dei gas dell'effetto serra, oltre a quelli primari relativi alla riduzione degli impatti del cambiamento climatico (Pearce, 2000). Esempi dei benefici ancillari includono la riduzione della mortalità e della morbilità dovuta alla migliore qualità dell'aria (il miglioramento essendo dovuto alla simultanea riduzione delle emissioni di gas non-serra), la riduzione della mortalità dovuta agli incidenti stradali se le persone guidano meno ed utilizzano di più il trasporto pubblico, i miglioramenti della visibilità, la riduzione dei danni materiali, i progressi nella tecnologia stimolati dalle politiche climatiche, e l'opportunità di ridurre le distorsioni nelle tasse riciclando il reddito derivante dalle tasse sul carbonio.

⁶ Quanto descritto qui può considerarsi, in pratica, un approccio "bottom-up". Bosello et al. (2006) utilizzano un modello integrato di valutazione che incorpora informazioni sugli impatti sulla salute causati dal cambiamento climatico e sulla risposta dei sistemi di salute pubblica e degli individui, al fine di quantificare nel 2050 l'impatto sul settore della salute pubblica e i costi associati al cambiamento climatico per sei tipologie di malattia. I modelli integrati di valutazione combinano gli impatti fisici con gli effetti sui mercati, e generalmente operano ad un livello superiore di aggregazione.

⁷ Formalmente, se V denota la funzione di utilità indiretti dell'individuo, y denota il reddito, q_0 e q_1 sono quantità di bene pubblico (o qualità ambientali) prima e dopo la politica, dove $q_1 > q_0$ (es., la politica porta ad un miglioramento), allora abbiamo che $V(y-DAP, q_1) = V(y, q_0)$. In teoria, è possibile (e a volte persino più intuitivo) calcolare la Disponibilità ad Accettare un Compenso (DAC) per una situazione che lascia l'individuo in uno stato peggiore rispetto a prima. In questo caso, se $q_2 < q_0$, la DAC è definita come $V(y+DAC, q_2) = V(y, q_0)$. In assenza di effetti di reddito, la DAP e la DAC per cambiamenti relativamente piccoli rispetto alla situazione iniziale q_0 dovrebbero essere approssimativamente uguali. Tuttavia, studi empirici sulle Preferenze Dichiarate (Stated-Preference) hanno trovato grandi differenze tra le misure di DAP e DAC (vedasi Hanemann, 1991, per una spiegazione basata sull'elasticità di sostituzione tra beni pubblici e sostituti privati e Mitchell e Carson, 1988, per una discussione sulle possibili ragioni di tale discrepanza, inclusa quella basata sulla teoria di Tversky e Slovic's 1979, conosciuta come "prospect theory"). Il rischio di osservare valori estremamente grandi, e quindi non plausibili, quando si stima la DAC suggerisce di utilizzare i valori della DAP se possibile.

Diversamente dai benefici primari della mitigazione, che si risconteranno soltanto tra qualche decennio a causa dell'inerzia del clima, i benefici ancillari si manifestano nel momento presente, sono geograficamente circoscritti e possono variare considerevolmente nello spazio (Markandya e Rubbelke, 2003; Krupnick et al., 2001).⁸

Vi è molto disaccordo in letteratura sul come questi benefici ancillari debbano essere inclusi nel calcolo costi/benefici. Lutter e Shogren (1997), per esempio, ritengono che l'inclusione dei benefici ancillari tra i benefici totali di una politica di adattamento, determinerebbe un doppio-conteggio, se si attribuiscono a una politica i benefici realizzati da un'altra politica. Pearce (2000) suggerisce che la presenza eventuale di benefici ancillari può rinforzare la discussione a favore delle politiche "no-regret" -quelle con i benefici netti positivi anche se i benefici ancillari non sono compresi nel calcolo.

Burtraw et al. (1997) notano che "la mancata o la non adeguata considerazione dei benefici ancillari potrebbe determinare una stima errata dei costi netti delle politiche di mitigazione—cioè, il costo diretto delle politiche climatiche meno i benefici ancillari che derivano da questa politica—ed un'identificazione errata dei livelli "no-regret" di mitigazione dei gas serra potrebbe anche portare alla scelta di una politica precedentemente considerata troppo dispendiosa perché non sono stati considerati i potenziali benefici ancillari." Infine, Krupnick et al. discutono della difficoltà di stabilire che cosa sarebbe accaduto in assenza della politica quando si stimano i benefici ancillari delle politiche legate ai cambiamenti climatici.

E' ragionevole assumere che molte delle iniziative di *adattamento* indirizzate alla tutela della salute umana produrranno dei benefici supplementari oltre la riduzione della morbilità e della mortalità connesse con gli eventi meteorologici estremi e idrogeologici avversi. Per esempio, le politiche urbane per ridurre i danni alla salute causati dalle ondate di calore - come le isole pedonali/verdi che contrastano l'effetto urbano dell'isola di calore, i tetti verdi, ecc... - possono anche ridurre la mortalità legata al traffico, il rumore, e generare benefici estetici. Similarmente, le politiche di gestione integrate dei bacini idrografici non si limitano a scongiurare le fatalità legate alle alluvioni e smottamenti - ma proteggono anche il suolo, gli habitat, gli ecosistemi e le proprietà.

Nel caso di adattamento, Bosello et al. (2007) definiscono come benefici ancillari delle politiche di adattamento la riduzione della vulnerabilità rispetto all'attuale variabilità climatica. Per esempio, alzare muri di contenimento per proteggere le zone costiere dall'aumento del livello del mare e dalle alluvioni ridurrà i danni comuni del cambiamento climatico. L'attribuzione dei costi delle misure di adattamento alle diverse aree di intervento (che includono l'adattamento alla corrente variabilità climatica) diventa un'interessante sfida metodologica (Callaway, 2004; Callaway e Helmuth, 2006).

⁸ Per esempio, dagli studi condotti risulta che i benefici ancillari associati ad una riduzione di SO₂ sono maggiori in Germania rispetto agli Stati Uniti, a causa della più alta densità di popolazione in Germania e per il fatto che gran parte dei depositi di SO₂ nella parte orientale degli USA avviene in mare (Krupnick et al., 2001).

4.3 Rischi reali e percepiti

Il modo in cui gli individui percepiscono i rischi rappresenta un fattore cruciale nella decisione di intraprendere o meno l'adattamento, costituisce la base della comunicazione del rischio come opzione di adattamento, e influenza il valore che la gente attribuisce all'adattamento ai rischi per la salute dell'uomo dovuti ai cambiamenti climatici.⁹

La letteratura psicométrica ha documentato la tendenza della gente a sopravvalutare i piccoli rischi e a sottovalutare quelli più grandi. Nei casi di eventi descritti da una probabilità estremamente piccola di un evento avverso (per esempio, un incidente nucleare), la gente tende ad attribuire poca importanza alla probabilità che l'evento avverso avvenga, concentrandosi maggiormente sul numero di danni/perdite nel caso l'incidente avvenisse (espressi nel numero di morti) (per esempio, Itaoka et al., 2006). Questo contraddice i modelli dell'utilità attesa convenzionalmente usati per descrivere le decisioni in condizioni di rischio e incertezza. La gente sembra essere influenzata non solo dalla grandezza dei rischi, ma anche dagli attributi del rischio stesso, come la paura o terrore associato al rischio, la familiarità con il rischio, il controllo, se il rischio sia stato incorso volontariamente o involontariamente e se qualcun altro possa essere incolpato dell'esistenza di questo rischio (Fischhoff et al., 1978; McDaniels et al., 1992; Cropper et al., 1991, 1992).¹⁰

Se la gente percepisce i rischi legati alle catastrofi naturali o al clima diversamente da altri tipi di rischi, queste diverse percezioni possono influenzare la loro disponibilità a pagare per evitare o ridurre questi rischi. Studi recenti (Chilton et al., 2002; Tsuge et al., 2005; Vassanadumrongdee e Matsuoka, 2005) hanno esaminato gli effetti delle percezioni del rischio (quali la paura di certi rischi, il fatto che il rischio venga incorso volontariamente o meno, ecc.) sul valore della riduzione di questi rischi, ma i risultati sono contraddittori e le loro implicazioni per i rischi per la salute umana derivanti dai cambiamenti climatici sono poco chiari.

Le percezioni del rischio e i vari tipi di distorsione ai quali sono soggette, oltre che una certa miopia comportamentale, influenzano la preparazione dei piani di risposta al rischio. Meyer (2006) segnala che la gente tende a concentrarsi sul feedback di breve durata ed ad imparare dagli errori commessi, piuttosto che dalle 'near miss'—situazioni in cui hanno quasi commesso un errore ma non hanno subito conseguenze negative. Brown e Hoyt (2000) dimostrano che un indicatore significativo della decisione o meno degli individui di acquistare l'assicurazione offerta dal governo federale contro le inondazioni è rappresentato dal fatto che ci siano state perdite dovute all'inondazione nell'anno precedente. Questo effetto è significativo anche dopo aver esplicitamente tenuto conto del prezzo dell'assicurazione, il reddito e se il proprietario dell'abitazione ha già intrapreso altri tipi di mitigazione del rischio. Questo si può considerare un esempio di quello che Tversky e Kahneman (1973) chiamano

⁹ In altri termini, la percezione del rischio entra nella stima di p (operata dalla popolazione e dagli esperti) nell'equazione (1). Essa costituisce anche una causa e/o argomento di A , and influisce sulla disponibilità a pagare (V) per evitare gli effetti negativi sulla salute.

¹⁰ La percezione del rischio spesso è influenzata dal genere. Ad esempio, nella letteratura iniziale sulla percezione del rischio si trova che gli uomini tendono ad avere una paura minore per alcuni tipi di rischio (incluso il cancro), e che la paura/terrore associato al rischio è correlata con la percezione dell'esposizione ad esso (Savage, 1993). Davidson e Feudenberg (1996) hanno verificato che, per la maggior parte dei rischi ambientali, ad eccezione di quelli associati ai rifiuti nucleari e radioattivi (non considerati in questa analisi), uomini e donne hanno una percezione del rischio simile. Hakes e Viscusi (2004) hanno evidenziato che le stime degli uomini sul numero di morti per certe cause negli USA sono maggiori rispetto a quelle delle donne per le cause di morte più frequenti, inclusi l'infarto e il cancro.

“*availability bias*”: “la tendenza delle persone a costruirsi le percezioni delle probabilità basandosi sulla disponibilità mentale di esempi,, (Meyer, 2006).

Kahn e Luce (2005) mostrano come un falso senso di certezza influenzi le decisioni per utilizzare i sistemi per la sicurezza, come il casco per la bicicletta. A causa della loro bassa frequenza, i disastri naturali offrono poche risposte circa la convenienza o meno degli investimenti e dei comportamenti per la riduzione del rischio, portando le persone a posticipare o ad annullare l'investimento per la riduzione del rischio. Questa tendenza potrebbe ridurre l'efficacia dei sistemi di avvertimento per la popolazione. Nonostante siano essenziali per proteggere vite e proprietà, ripetuti avvertimenti scoraggiano la propensione marginale ad aderire quando gli avvertimenti sono emessi. L'esposizione ripetuta a falsi allarmi diminuisce la fiducia nell'affidabilità dei sistemi di avvertimenti e insidia il rapporto percepito fra gli atti di mitigazione e la messa in sicurezza (Meyer, 2006).

Kahneman e Tversky (1973) discutono l'euristica di rappresentatività—la tendenza delle persone a credere che le proprietà statistiche di grandi campioni (e di lunghi periodi di tempo) dovrebbero essere osservate anche per i piccoli campioni (o di brevi periodi di tempo). Questa attitudine conduce la gente a ignorare la tendenza di lunga durata e a contare soltanto sulla storia recente come guida alla probabilità che avvengano calamità naturali o degli eventi avversi. Un altro fattore che ostacola la preparazione agli eventi estremi meteorologici è la cosiddetta distorsione di proiezione—la tendenza ad effettuare delle previsioni soggettive riguardanti il futuro facendosi influenzare dalle esperienze e da ciò che viene percepito al momento. Le persone potrebbero astenersi dal prepararsi agli eventi avversi perché non riescono ad immaginare un ambiente considerevolmente diverso dal quello in cui si trovano adesso.

Altri fattori che meritano di essere citati sono la predisposizione allo status quo e distorsioni di tipo temporale, secondo cui le persone si concentrano maggiormente sui costi delle opzioni quando hanno a che fare con azioni immediate, mentre si concentrano di più sui benefici quando hanno a che fare con opzioni dilazionate nel tempo.

4.4 L'incertezza

L'incertezza svolge un ruolo chiave nelle analisi costi/ benefici delle politiche ambientali. Consideriamo ad esempio l'inquinamento atmosferico. Vi è incertezza sui costi delle riduzioni delle emissioni imposte dai regolamenti o richieste per aderire ai limiti sulle concentrazioni massime stabilite per determinati ambienti. L'incertezza esiste nelle previsioni fatte dai modelli atmosferici di dispersione, nei modelli di valutazione delle concentrazioni o nei modelli dose-risposta che collegano le concentrazioni ambientali agli effetti sulla salute, e nei valori monetari attribuiti a tali effetti, che sono solitamente derivati da indagini su individui o vengono estrapolati e trasferiti da altri contesti (trasferimento del beneficio). La risultante incertezza è in gran parte di natura moltiplicativa ed approcci basati sulle simulazioni e sulle analisi di sensitività sono state utilizzate per esaminare l'incertezza e per studiare le scelte politiche ottimali e le tecnologie per l'abbattimento in presenza di incertezza (Rabl et al., 2005).

Anche i costi e benefici di politiche di adattamento sono incerti, e l'incertezza si propaga attraverso le varie componenti dei modelli utilizzati per quantificare tali costi e benefici. Ovviamente, le previsioni sul clima sono circondate da incertezza, in parte perché dipendono dalle emissioni future dei gas serra, che a loro volta dipendono dallo scenario globale (A1, A2, etc.) all'interno del quale si fanno queste previsioni. L'output dei modelli di circolazione

generale e la relativa incertezza vanno poi inseriti in modelli epidemiologici—dove i parametri sono a loro volta stati stimati con un certo errore di campionamento—per predire l'entità degli effetti sulla salute umana, ai quali va attribuito un valore monetario, anche questo affetto da incertezza. Tutti questi passi comportano un notevole grado di incertezza. Infine, bisogna considerare che ci potrebbe essere incertezza circa i costi dell'adattamento.

4.5 Quantificazione dei costi e benefici di adattamento, e dei costi di inazione

In Maddison e Bigano (2003) gli effetti dell'amenità del clima vengono catturati da due mercati: il mercato immobiliare e il mercato del lavoro. Un clima piacevole attrae i lavoratori, aumenta i prezzi degli alloggi e porta al ribasso i livelli di stipendio. L'effetto dell'amenità del clima viene così decomposto nel relativo effetto sugli stipendi, al netto dell'effetto sui prezzi dell'alloggio. In tale studio, Maddison e Bigano hanno effettuato delle regressioni usando dati italiani, dove la variabile dipendente è il reddito atteso, al netto delle tasse e dei costi di alloggio al livello provinciale. I regressori includono variabili sul clima, dummies annuali e geografiche, e densità demografica. Le loro regressioni indicano che, in assenza di qualsiasi cambiamento nelle precipitazioni, gli italiani non attribuiscono un valore significativo al cambiamento marginale delle temperature in gennaio e che sarebbero pronti a pagare circa €325-370 per famiglia all'anno per evitare un aumento di un grado nelle temperature di luglio. Usando questi risultati, si possono monetizzare i benefici associati a politiche di adattamento in grado di evitare le morti dovute all'ondata di calore dell'estate 2003. In questo esempio, le morti in eccesso nella città di Roma sono state stimate pari a 1.094 per il periodo giugno-agosto 2003, con 319 morti durante la seconda ondata di calore (dal 10 al 30 luglio).

Maddison e Bigano segnalano che per una famiglia a Roma il valore marginale per evitare un aumento di un grado nella temperatura media di luglio è di circa €367 all'anno. Nel luglio 2003, la temperatura media era 28,0 °C, 2,8 gradi sopra la temperatura media normale per quel mese (25,1 C)¹¹. Considerando che il numero totale di famiglie a Roma è 1.038.461 (la popolazione di Roma è 2,7 milioni, divisa per 2,6 persone per famiglia¹²), il valore del disagio per la temperatura è uguale a € 1.067.123.077 per anno.¹³ Supponendo che il valore del disagio rifletta interamente le morti eccedenti dovute all'ondata di calore, questo implica un valore per morte evitata pari a €3.345.213 (Alberini, Chiabai e Nocella, 2005).

Quali sono le cifre del VSL?

Il VSL ottenuto (sotto certe assunzioni) dalle stime dei valori immobiliari netti di Maddison e Bigano è in linea con altre stime del VSL che riteniamo adatte al contesto del cambiamento climatico.

A scopo di confronto, ricordiamo al lettore che la Commissione Europea usa un VSL centrale di base pari a €1,4 milioni. Questo valore viene aggiustato per l'età - il valore di base del VSL viene moltiplicato per 0,70 per le persone di 70 anni e oltre. Si applica inoltre un "premio

¹¹ La temperatura media nel giugno 2003 era di 27,4° C, che corrisponde a cinque gradi in più rispetto alle temperature che normalmente si registrano in quel periodo (22,4° C). In agosto, la temperatura media era di 29,1° C, che corrisponde a quattro gradi sopra la media stagionale di quel periodo (25,0° C).

¹² Vedasi

<http://www.guidagenitori.it/guidagenitori/home.jsp?openDocument=2271&parent1=186&parent2=289&docs=289>.

¹³ Questa cifra è uguale al numero di famiglie che risiedono a Roma moltiplicato per il prezzo marginale di un incremento di un grado nelle temperature di luglio, e moltiplicato per 2,8 gradi, l'incremento nelle temperature di luglio sulla media registrata a Roma.

cancro.” In altre parole, se la causa della morte è il cancro, il VSL viene aumentato del 50% per rappresentare la morbilità ed il terrore e la paura associati con questa malattia. La CE non aggiusta il VSL per tenere conto della crescita del reddito, ma applica un fattore di sconto del 4% per le riduzioni di rischio che avranno luogo in futuro. Tutti questi aggiustamenti portano ad un VSL finale di €1,0 milioni.¹⁴

Più recentemente, nello studio costi-benefici del programma Aria Pulita per l'Europa (Clean Air for Europe - CAFE), Hurley et al. (2005) hanno usato un VSL di €2,0 milioni (euro dell'anno 2000).

Esistono soltanto tre studi in Italia che valutano il VSL della popolazione italiana (o di sottopopolazioni sufficientemente ampie): Alberini, Hunt e Markandya (2006), Alberini e Chiabai (2007a) ed Alberini et al. (2007). Quello più adatto allo scopo di stimare l'adattamento ai cambiamenti climatici è lo studio di Alberini e Chiabai, un'indagine di valutazione contingente che stima la DAP per le riduzioni del rischio di morire per cause cardiovascolari e respiratorie, che sono state collegate con le ondate di calore nella letteratura epidemiologica.¹⁵

In questo studio, (i) il campione è stato costruito in modo da avere persone anziane e persone con malattie cardiovascolari e respiratorie croniche, o con i loro precursori (per esempio, alta pressione sanguigna, alto livello di colesterolo, diabete), permettendo agli analisti di prestare particolare attenzione a certe categorie della popolazione, che sono considerate particolarmente sensibili ai rischi per la salute per cause climatiche ed ambientali nelle aree urbane; (ii) l'indagine ha elicitato le DAP per una riduzione privata del rischio di morire per cause cardiovascolari e respiratorie, e (iii) l'inquinamento, le politiche ambientali ed il cambiamento climatico non sono mai stati accennati agli intervistati.

Alberini e Chiabai segnalano dal loro studio che il VSL non è una costante fissa per tutte le riduzioni di rischio. Per le riduzioni di rischio proposte agli intervistati (che variano da 1 a 12 in 10.000 all'anno), il VSL varia da €0,257 milioni a più di €5,8 milioni, a seconda del rischio di base (età del beneficiario), della riduzione del rischio, dello stato di salute e dalle misure di statistica utilizzate per calcolare il VSL (DAP mediana o media).

Alberini e Chiabai indicano che la DAP per una data riduzione di rischio, e quindi il VSL, è più basso fra gli anziani e più alto fra i soggetti a rischio elevato per via delle loro condizioni cardiovascolari e respiratorie. Le persone anziane che vivono da sole - una popolazione a rischio durante le ondate di calore- riportano una DAP più bassa, ma questo deve essere interpretato con cautela in quanto il campione conteneva un numero ridotto di anziani e perchè quest'effetto potrebbe sovrapporsi a quello del reddito.

Come si confrontano queste cifre sul VSL con quelle effettuate da altri studi? Come si è visto nella sezione 5.G, in Maddison e Bigano (2003), gli effetti dell'amenità del clima sono catturati dal mercato immobiliare e dal mercato del lavoro. In assenza di qualsiasi cambiamento nelle precipitazioni, gli italiani sarebbero disposti a pagare circa €325-370 all'anno per famiglia per evitare un aumento di un grado nelle temperature di luglio. Combinando questi risultati con le morti in eccesso registrate a Roma nell'estate 2003 e

¹⁴ Vedasi http://europa.eu.int/comm/environment/enveco/others/recommended_interim_values.pdf.

¹⁵ Alberini, Hunt e Markandya (2006) stimano la DAP per ridurre il rischio di morire per qualsiasi causa. Alberini et al. (2007) usano gli esperimenti di scelta congiunta per stimare la DAP per programmi governativi destinati a bonificare siti contaminati orfani e che riducono, quindi, il rischio di cancro e di altre patologie di lungo termine fra coloro che sono esposti agli inquinanti di questi siti.

supponendo che il valore del disagio riflette interamente le morti eccedenti dovute all'ondata di calore, otteniamo un VSL di €3,345 milioni, un valore che rientra nella gamma di VSL stimata in modo diretto in Alberini e in Chiabai.

Come possiamo applicare le nostre stime del VSL ai rischi di mortalità ricollegabili alle ondate di calore? Consideriamo le stime di Kovats (2003) sui rischi di mortalità connessi con i cambiamenti nella temperatura media in Italia, tenuto conto dell'adattamento fisiologico a temperature più calde (ma senza programmi di adattamento pubblici). I suoi calcoli mostrano che dal 2000 al 2020 il rischio di morire per cause cardiovascolari e respiratorie durante le ondate di calore aumenterebbero da 0,71 su 10.000 a 0,91 su 10.000 per le persone fino ai 65 anni e da 9,19 su 10.000 a 11,70 su 10.000 per i più anziani (più di 65 anni)¹⁶. Quando questi tassi vengono applicati, per esempio, alle appropriate fasce di età relative alla popolazione di Roma, si predicono un totale di 165 e 211 morti per il gruppo più giovane, e di 440 e 561 morti per il gruppo più anziano. (Per semplicità, in questi calcoli manteniamo la popolazione uguale a quella attuale.)

Si sono usate due stime conservative del VSL basate sulla DAP mediana per gli individui a rischio e su una grandezza appropriata della riduzione di rischio (circa 1 su 10.000 all'anno e 2,5 su 10.000, rispettivamente, per un 45enne e per un 65enne). Questi due valori di VSL sono uguali a €1,784 milioni e a €1,657 milioni. Assumendo per semplicità che non vi sia sconto, i danni monetizzati della mortalità in assenza di programmi di adattamento sono quindi di €81 milioni per l'anno 2020 (Euro del 2004) per la sola città di Roma. Le politiche che avrebbero potuto evitare alcune di queste morti sarebbero state accreditate per i corrispondenti benefici, e avrebbero dovuto essere paragonate con i costi del programma per un'analisi costi-benefici completa.

Analisi costi-benefici di una politica di adattamento alle ondate di calore: un esempio illustrativo

In questa sezione presentiamo un esempio illustrativo di analisi costi-benefici di una possibile politica di adattamento che riduca la perdita di vite umane durante le ondate di calore.

Ci occupiamo esclusivamente di ondate di calore, trascurando programmi di adattamento a fenomeni idrogeologici o meteorologici estremi, perchè non abbiamo alcuna informazione sulla mortalità associata a specifiche politiche di adattamento in questi ultimi contesti. Non conosciamo inoltre il valore di una vita statistica più appropriato per il contesto in oggetto, per cui risulta impossibile condurre un'analisi costi-benefici in modo scientificamente rigoroso.

Alla luce di ciò, illustreremo qui di seguito la metodologia per calcolare i costi e benefici di un programma HHWS in grado di salvare vite umane durante eventi di calore estremo. Si veda il capitolo 4 per una discussione delle caratteristiche tipiche e dell'implementazione di questi programmi in varie località.

Poiché il sistema HHWS è stato adottato in Italia solo recentemente, non esiste ancora una valutazione quantitativa della sua efficacia in termini di numero di vite salvate per effetto della sua implementazione. Ebi et al., (2004) usano i dati sulla mortalità estiva giornaliera registrati a Filadelfia nel triennio 1995-1998 e, attraverso tecniche di regressione statistica, stimano che, per ogni giornata in cui viene emesso un avvertimento, si salvano 2,58 vite (eccesso di mortalità evitata). Poiché il loro studio si basa sulla mortalità delle persone di 65

¹⁶ Questi rischi sono espressi su base annuale. Sono stati calcolati per Milano e Roma.

anni e oltre, e siccome all'inizio del periodo cui si riferisce lo studio (il 1995) la popolazione di età 65 anni e oltre nella contea di Filadelfia County era pari a 213.428, il tasso di vite salvate è pari a $(2,58/213.428)=1,2088 \times 10^{-5}$.

Si supponga ora che Roma sperimenti un'ondata di calore identica a quella avvenuta nell'estate del 2003, e che venga messo in atto un sistema di avvertimenti HHWS. Quante vite sarebbero salvate dall'adozione del sistema? E quali sarebbero i benefici monetari del sistema?

Per gli scopi di questo esercizio, possiamo "trasferire" le cifre di Filadelfia a Roma. In altre parole, assumiamo per semplicità di illustrazione che un programma di avvertimenti a Roma avrebbe gli stessi effetti in proporzione di quelli della città di Filadelfia. Nel 2003, Roma contava 479.515 persone anziane, per cui ogni giornata di avvertimenti avrebbe salvato $(479.515 \times 1,2088 \times 10^{-5})=5,7965$, che corrisponde a circa 6 persone.

Secondo Michelozzi et al. (2004) nell'estate del 2003 a Roma ci sono stati tre periodi dove si sono registrate ondate di calore di una certa importanza. Il primo va dal 9 giugno al 2 luglio, il secondo dal 10 al 30 luglio e il terzo dal 3 al 13 agosto.¹⁷ Questo corrisponde ad un totale di 55 giorni. Una lettura attenta dei diagrammi di temperatura giornaliera riportati nell'articolo di Michelozzi et al. (2005) suggerisce che in molte di queste giornate, persino le autorità più conservative avrebbero emesso degli avvertimenti.¹⁸ Agli scopi di questo esercizio noi seguiamo la regolamentazione del sistema HHWS di Filadelfia che richiede l'emissione di avvertimenti per non oltre un quarto del totale delle giornate interessate dalle ondate di calore.

Assumiamo quindi che se ci fosse a Roma un'altra ondata di calore identica a quella dell'estate 2003, gli avvertimenti sarebbero emessi per 14 giorni, corrispondenti al 25% del numero complessivo di giornate di caldo estremo. Dalle nostre stime risulta che circa 81 vite sarebbero salvate grazie alla messa in atto del programma di avvertimenti, dove 81 si ottiene moltiplicando 5,7965 per 14 giorni.

Quali sono i benefici monetari associati alle 81 vite salvate? Alberini e Chiabai (2007) suggeriscono di utilizzare una stima conservativa del VSL pari a €1.657 million.¹⁹ I benefici totali monetizzati sono pari a €34,47 milioni per la città di Roma e in riferimento ad una estate solamente. Abbiamo contattato la Protezione Civile per avere informazioni circa i costi sostenuti per adottare il sistema degli avvertimenti HHWS, senza però ricevere in tempo le informazioni necessarie. Per quanto elevati possano essere tali costi, riteniamo che siano comunque meno di 134 milioni di euro per estate.

In conclusione, l'esercizio fornisce una stima dei benefici di uno specifico programma di adattamento (HHWS) adottato a livello locale (Roma). Tali benefici sono pari a €34,7 milioni se la città di Roma dovesse sperimentare delle ondate di calore del tutto simili a quelle dell'estate 2003.

¹⁷ Michelozzi et al. (2004) definiscono un'ondata di calore nel modo seguente: un arco di tempo in cui la temperatura giornaliera apparente massima è maggiore del 90^{esimo} percentile del periodo di riferimento, e c'è un incremento di 2° C rispetto alla giornata precedente.

¹⁸ Negli Stati Uniti, le linee guida precedenti del National Weather Service dovevano emanare degli avvertimenti quando gli indici di calore giornaliero eccedevano i 40.5 C per più di tre ore nella giornata o in due giornate consecutive, oppure se c'era una previsione di innalzamento dell'indice oltre i 46C per una qualsiasi durata (Ebi et al., 2004).

¹⁹ Tutti i valori monetari nella sezione sono espressi in euro del 2004.

Questa cifra—€34,47 milioni—si deve interpretare come un costo di inazione (se si presentasse un'altra estate come quella del 2003 e non si adottasse alcun programma di adattamento).

Ricordiamo il lettore che abbiamo presentato questo esercizio solamente a scopi illustrativi. Auspichiamo che si possano avere presto a disposizione delle stime reali dell'efficacia del sistema HHWS in Italia, in modo da poter rifare questi calcoli usando delle valutazioni più realistiche del sistema.

L'esercizio proposto presenta inoltre una serie di limitazioni ed incertezze. Per esempio, Ebi et al. stimano le vite salvate dal programma fra le persone di 65 anni e oltre, mentre non considerano vite salvate fra i giovani adulti e i bambini. Inoltre, non sappiamo se ripetuti avvertimenti in una stagione diminuiscano l'efficacia del sistema. Infine, il clima di Philadelphia è diverso da quello di Roma, e le popolazioni nelle due città sono differenti in termini di composizione razziale, cultura, attitudini ed età. Per esempio, le persone di 65 anni e oltre rappresentano il 14% della popolazione di Philadelphia, e quasi il 20% della popolazione di Roma.

5. Lacune di conoscenza e considerazioni conclusive

Vi è poca conoscenza sui i costi ed i benefici dell'adattamento agli effetti sulla salute umana dovuti al cambiamento climatico. Qui di seguito, elenchiamo i gap conoscitivi attuali e le aree dove è necessario concentrare gli sforzi futuri della ricerca:

- Vi è anzitutto la necessità di effettuare analisi costi-benefici dei programmi e delle iniziative di adattamento che riguardano gli effetti sulla salute umana dei cambiamento climatici. È importante che queste analisi costi-benefici vengano estese al livello nazionale e non siano limitate solo al livello locale e per un numero ridotto di località. Nel caso di eventi idrogeologici, l'enfasi data a livello nazionale è in linea con i requisiti della Legislazione Italiana sui rischi di inondazioni, e della nuova direttiva della Commissione Europea sulla valutazione e gestione dei rischi di inondazioni "Directive on the Assessment and Management of Flood Risks," che sarà adottata nel 2007.
- I benefici dell'adattamento sono correttamente calcolati come il numero di casi di malattia e/o di morti evitate dalla politica, moltiplicato per la DAP per evitare tale malattia o, nel caso del rischio mortale, per il Valore di una Vita Statistica.
- Al momento attuale, esistono dei valori affidabili per il VSL nel contesto italiano nel quadro dei rischi di mortalità associati con le ondate di calore, mentre invece nessuno studio è stato intrapreso per stimare il VSL per il rischio di morire nel quadro di inondazioni o di altri eventi idrogeologici estremi.
- Si ritiene importante che le stime del VSL vengano effettuate nello specifico contesto di interesse. In altre parole, le stime del VSL da usare per le decisioni politiche di intervento dovrebbero riferirsi al contesto politico specifico in oggetto. Allo stato attuale della conoscenza, non c'è motivo di credere che il VSL stimato nel contesto della sicurezza stradale o nel contesto dei rischi sul posto di lavoro sia lo stesso del VSL stimato in occasione degli eventi estremi.
- La ricerca dovrebbe sforzarsi di indagare se il contesto e gli attributi del rischio influenzano o meno la DAP per ridurre questi rischi (e quindi il VSL) e, nel caso in cui la risposta sia affermativa, cercare di capire l'entità di questi effetti.
- Nel valutare i benefici delle politiche di adattamento, è importante prendere in considerazione sia i benefici primari che quelli ancillari. L'attribuzione dei costi di adattamento tra politiche differenti dovrebbe essere indirizzata in termini di effetti quantitativi e qualitativi indotti dai benefici ancillari.
- Viceversa, è difficile distinguere la parte dei costi delle politiche di adattamento da attribuirsi alla riduzione dei rischi per la salute, da quella che dovrebbe invece attribuirsi alla protezione delle proprietà immobiliari.
- È molto difficile stimare le riduzioni dei rischi per la salute dell'uomo derivante dall'applicazione di politiche di adattamento, sia autonomo che pianificato. Le difficoltà sono spesso di natura tecnica (statistica): le analisi di regressione devono infatti provare a distinguere l'effetto del clima da quelli del cambiamento climatico, come pure quello dell'adattamento da altri fattori. Vi è inoltre un'altra difficoltà: è preferibile quantificare gli effetti dell'adattamento nelle condizioni attuali "di

funzionamento”, tuttavia gli eventi estremi sono, per definizione, rari e potrebbe essere impossibile osservare i loro effetti, perché i dati si riferiscono normalmente ad una piccola zona geografica e ad un breve periodo di tempo.

- Nel caso di HHWS, è necessario valutare l’efficacia di questi sistemi nel prevenire morti e malattie. Attualmente, vi è un solo studio empirico di un tale sistema. Quest’analisi è stata fatta per Filadelfia, ma per un periodo di tempo breve e con tecniche statistiche semplici.
- La ricerca dovrebbe approfondire lo studio del fenomeno dell’adattamento fisiologico, la sua interazione con l’implementazione di sistemi HHWSs, e le reazioni psicosociali agli avvertimenti sulle ondate di calore.
- L’interazione fra ondate di calore e inquinamento atmosferico dovrebbe essere oggetto di ulteriori studi e approfondimenti.
- Esiste una grande incertezza che avvolge sia la stima della frequenza degli eventi che i costi e i benefici dell’adattamento. Poiché ci sono tante fonti di incertezza, queste si amplificano a vicenda. Si rende necessario quindi condurre delle analisi di simulazione e di sensibilità per contenere almeno in parte questa incertezza generale.

Appendice metodologica

1. Tecniche di valutazione monetaria

L'Analisi Costi Benefici (ACB) attribuisce un valore monetario agli effetti positivi (i benefici) e negativi (i costi) degli impatti di una politica di adattamento, e li mette a confronto. L'Analisi Costi Efficacia (ACE), invece, stima principalmente i costi per il raggiungimento di determinati obiettivi di politica, misurati solitamente con delle unità fisiche (per esempio, numero di casi della malattia evitati). Sia nell'ACB che nell'ACE, i benefici ed i costi sono associati ad una politica, un programma o ad un progetto individuale a cui è attribuito un valore monetario. Ciò consente all'analista di vedere se le risorse usate per implementare il programma corrispondono ai benefici del programma stesso, e di individuare il modo più economico per raggiungere un determinato obiettivo.

A. Analisi Costi Benefici

Un'Analisi Costi-Benefici (ACB) quantifica i vantaggi (benefici) e gli svantaggi (costi) associati ad un particolare progetto o politica. Questa tecnica è stata usata per analizzare le politiche che interessano il trasporto, la rigenerazione urbana, l'agricoltura, la sanità, la giustizia criminale, la difesa, l'istruzione e l'ambiente. Può anche essere usata per esaminare la convenienza economica dell'adattamento previsto ed autonomo agli effetti sulla salute umana del cambiamento climatico. L'attrattiva dell'ACB deriva dal fatto che, monetizzando i benefici di una politica, è possibile confrontare e/o aggregare tra di loro molte categorie differenti di benefici e confrontarli successivamente ai costi della politica. Un programma o un progetto sarà ritenuto accettabile se i relativi benefici supereranno i costi.

Dopo l'esame di un certo numero di programmi alternativi, l'ACB suggerirebbe di scegliere quello con i maggiori benefici netti, laddove i benefici netti sono definiti come i benefici meno i costi. L'Analisi Costi-Benefici -o più precisamente, la valutazione dei costi e dei benefici che è richiesta per effettuare una ACB -consente anche che di definire la dimensione sociale ottimale del programma o del progetto, cioè quello che massimizza i benefici netti. Nel programma ottimale dal punto di vista della società, i benefici marginali del programma saranno uguali ai relativi costi marginali. E' interessante notare che per determinare l'effetto netto di una politica proposta, dobbiamo identificare in primo luogo le persone che trarranno giovamento e coloro che subiranno perdite in seguito all'implementazione della politica, per poi valutare i rispettivi guadagni e perdite.

L'ACB si concentra quindi su costi e benefici aggregati di una politica o di un programma. Una limitazione di questo approccio è che ignora le questioni distributive, cioè se coloro che hanno interesse per i benefici della politica possono effettivamente pagare per ottenerli. Un altro problema della ACB è che deve monetizzare categorie di costi e di benefici che si verificano in periodi temporali diversi. Gli economisti suggeriscono di scontare i costi ed i benefici che avverranno nel futuro per calcolare il loro valore attuale, ma questo richiede la scelta di un tasso di sconto. I valori attuali sono molto sensibili sia alla scelta del tasso di sconto che alla decisione se questo debba o meno rimanere costante nel tempo. Discuteremo più avanti la questione della scelta del tasso di sconto e le altre limitazioni e lacune dell'ACB.

Il primo passo dell'ACB è quello di identificare i costi ed i benefici possibili della politica o del progetto proposti, nonché le parti che subiscono tali costi o ottengono tali benefici. Successivamente, l'analista deve attribuire un valore monetario alle varie categorie di costi e di benefici netti, ed infine deve aggregare le varie categorie di costi e benefici monetizzati per

ottenere i costi complessivi ed i benefici totali. Come già accennato, questo compito viene complicato dal fatto che molte politiche comportano costi e benefici che si manifesteranno in differenti periodi -richiedendo di scontarli per calcolare il loro valore attuale- e che molte categorie di benefici non sono beni di mercato e come tali non possono essere né comprati né venduti su mercati tradizionali.

Punti di forza e punti di debolezza dell'ACB

L'attrattiva dell'ACB deriva dal fatto che, monetizzando i benefici della politica, è possibile confrontare e/o aggregare molte categorie differenti di benefici, nonché i costi della politica. Non tenteremo di discutere qui in dettaglio le limitazioni possibili dell'ACB. Basti dire che una delle principali critiche che le sono state portate, è che è basata sulla potenziale compensazione dei soggetti che subiscono una perdita dalla realizzazione della politica da parte di quelle persone che ne guadagnano. Se tale compensazione avvenga realmente o meno non fa parte delle informazioni fornite da un ACB.

Quest'approccio ignora le questioni distributive ed il fatto che, per esempio, una persona ricca potrebbe e vorrebbe pagare più di persona povera per lo stesso miglioramento nella qualità ambientale, anche se entrambe si preoccupano allo stesso modo della questione. L'equità non è in effetti sufficientemente considerata nelle ACB. Il fatto che le politiche con il miglior rapporto costi/benefici siano socialmente desiderabili si basa sull'assunzione che quelli che ne guadagnano possono -in principio- compensare i perdenti da questi progetto/politica e comunque uscirne vincenti.

Per quanto riguarda il fatto che gli individui con i redditi più bassi abbiano una limitata capacità di pagare per l'esecuzione del programma, gli economisti suggeriscono di modificare il calcolo costi/benefici cambiando i pesi attribuiti a determinate categorie di benefici o i pesi importi a certe categorie di individui.

Tasso di sconto

Un'altra difficoltà dell'ACB consiste nel fatto che molti programmi pubblici producono i loro flussi di costi e di benefici nel tempo, piuttosto che nel presente, e che gli esborsi possono essere sostenuti in tempi differenti rispetto all'ottenimento dei benefici. Questo richiede di scontare i benefici ed i costi futuri ai valori attuali. Vi è considerevole disaccordo fra gli economisti circa il tasso di interesse (o i tassi) da adottare per scontare questi costi e benefici futuri, e circa la questione se la scelta dei tassi di interesse debba riflettere l'incertezza riguardante i costi ed i benefici del programma. La Commissione Europea, nell'effettuare valutazioni di impatto per la pianificazione legislativa, applica ordinariamente un tasso di sconto del 4%.²⁰

Brevemente, il valore attuale di una somma, X, che verrà sostenuta nel futuro (t anni da ora) è:

$$(3) \quad PV = X \cdot \left[\frac{1}{1 + \delta} \right]^t \approx X \cdot e^{-\delta t} .$$

²⁰ Invece, Negli Stati Uniti l'Ufficio di Gestione e Budget richiede di utilizzare un tasso di sconto del 7% (Aldy and Viscusi, 2003).

La quantità δ nell'equazione (3) è il *tasso di sconto*, mentre $[1/(1+\delta)]^T$ (o $\exp(-\delta T)$) è il *fattore di sconto*. Se la somma X (che potrebbe essere il costo o il beneficio di una politica o di un progetto) è sostenuta ogni anno per i prossimi T anni futuri, il valore attuale del flusso dei pagamenti o dei benefici è:

$$(4) \quad PV = X \cdot \sum_{t=1}^T \left[\frac{1}{1+\delta} \right]^t \approx X \cdot \int_0^T e^{-\delta t} dt = \frac{X}{\delta} [1 - \exp(-\delta T)] .$$

L'equazione (4) può essere generalizzata nel caso in cui i pagamenti o i benefici sono differenti ogni anno:

$$(5) \quad PV = \sum_{t=1}^T X_t \left[\frac{1}{1+\delta} \right]^t \approx \int_0^T X_t \cdot e^{-\delta t} dt .$$

La scelta del tasso di sconto δ è resa ancora più complicata dal fatto che i valori attuali sono molto sensibili alla scelta del tasso di interesse. Per esempio, €1 milione di benefici riscontrati tra cinquanta anni, hanno un valore attuale di soltanto €8.500 se viene usato un tasso di interesse del 10 per cento, di €7.000 se il tasso di interesse è di 5 per cento e di €71.500 se il tasso di interesse è del 2 per cento. Questi effetti diventano importanti quando l'ACB viene applicata alla valutazione di politiche con significativi effetti intergenerazionali, come quelle pertinenti alla prevenzione dei cambiamenti climatici globali o all'eliminazione dei residui ad alta radioattività (che saranno mortali per centinaia di migliaia di anni). Viene generalmente riconosciuto che il tasso di sconto sociale non debba essere uguale al tasso di sconto privato. Gli economisti, tuttavia, sostengono che il tasso di sconto debba essere positivo, anche nel caso di decisioni o investimenti intergenerazionali.

Trattare un euro oggi come se valesse un euro tra parecchi anni è poco intuitivo e richiederebbe un eccessivo sacrificio al benessere odierno, al punto che ogni generazione successiva sarebbe impoverita per sostenere il benessere della seguente generazione (OECD, 2004).

La nozione del tasso di sconto sociale è solitamente presentata con la seguente equazione, conosciuta come l'equazione di Ramsey:

$$(6) \quad \delta = \rho + \mu \cdot g ,$$

dove δ è il tasso di sconto sociale, ρ è il 'puro' tasso di preferenza intertemporale degli individui, che riflette l'impazienza delle persone²¹, g è il tasso di crescita del consumo futuro pro capite e μ è l'elasticità dell'utilità marginale del consumo²². La quantità μ è quindi la percentuale di modifica nel benessere derivante da una modifica percentuale nel consumo (o nel reddito). L'interpretazione intuitiva di questo concetto è che questo rappresenta l'avversione degli individui alle fluttuazioni nei livelli di reddito. Poiché le persone si aspettano di diventare più ricche, questo significa che l'utilità marginale di un euro nel futuro

²¹ In altre parole, il puro tasso di preferenza intertemporale misura il grado di propensione dei pianificatori sociali verso il benessere/utilità dei membri attuali della società o del futuro prossimo, rispetto a quello delle generazioni in un futuro più lontano.

²² Per una funzione di utilità iso-elastica, cioè $u(c) = c^{1-\beta} / [1-\beta]$, l'elasticità dell'utilità marginale del consumo $[\partial u'(c) / \partial c] \cdot [c / u'(c)]$, è pari all'avversione relativa al rischio β .

è più bassa dell'utilità marginale di un euro ora, $(\mu \cdot g)$ misura la parte del tasso di sconto dovuta al fatto che le persone saranno più ricche nel futuro rispetto a oggi.

Quali sono, allora, dei valori ragionevoli per il tasso di sconto sociale δ ? La letteratura recente suggerisce che μ debba essere uguale ad uno (Cowell e Gardiner, 1999) e che il puro tasso di preferenza intertemporale dovrebbe essere tutt'al più 0,5% (Pearce ed Ulph, 1999). Questo implica che per un'economia che cresce, ad esempio, del 2% all'anno, il tasso di sconto sociale dovrebbe essere circa 2,5%. Effettivamente, i tassi di sconto sociali sviluppati usando l'equazione (6) sono generalmente compresi tra 0,5% e 3% (USEPA, 2000).

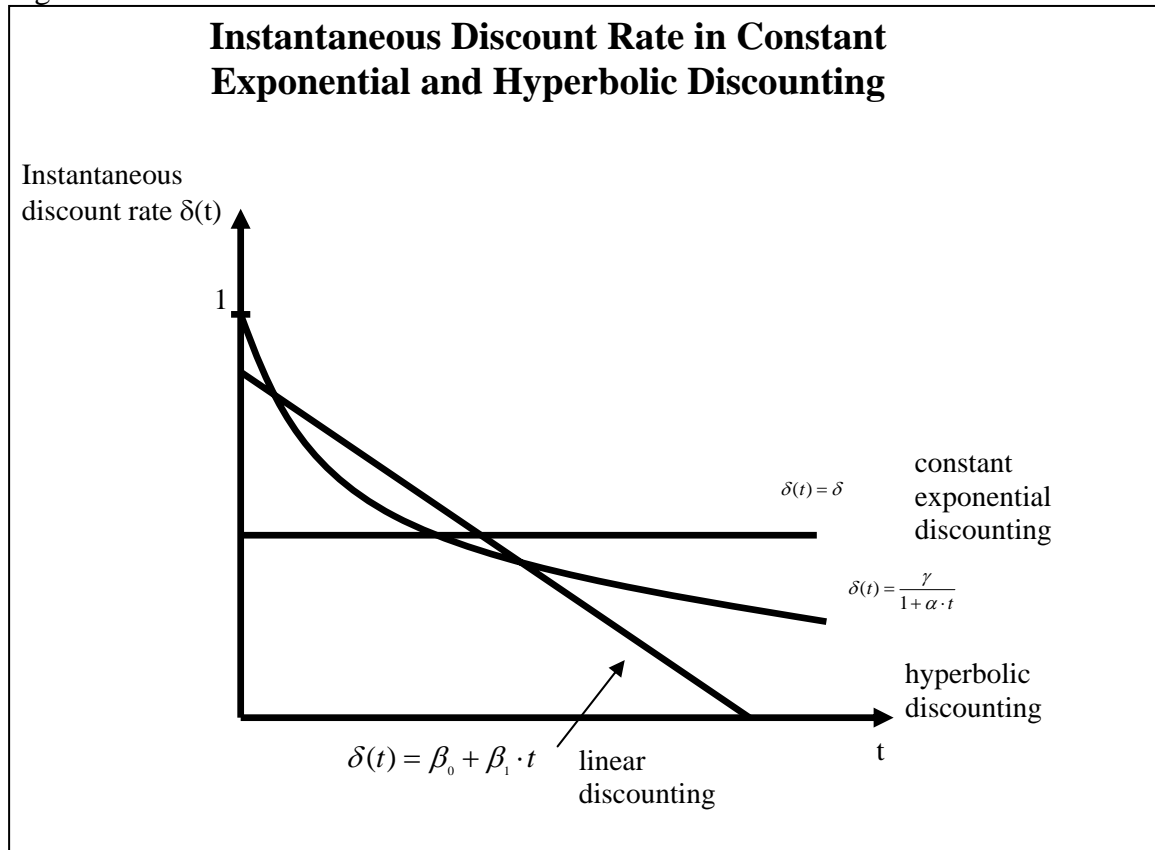
Il tasso di sconto sociale è costante nel tempo? Gollier (2002) esamina come l'equazione (6) dovrebbe essere modificata quando vi è incertezza circa il reddito futuro. Il risparmio precauzionale -l'effetto prudenza- abbassa il tasso di sconto sociale. Al contrario, il tasso di sconto sociale aumenta con μ . L'effetto netto sul tasso di sconto sociale dipende quindi da quale tra questi due fattori sia il più forte. Le aspettative circa il tasso di crescita dell'economia nel tempo sono una determinante importante, indipendentemente dal fatto che il tasso di sconto sociale rimanga costante o cambi col tempo. Anche se le persone si aspettano che l'economia continui a crescere allo stesso tasso nel tempo, il tasso di sconto sociale può declinare col tempo se le persone avvertono una diminuzione nella loro avversione al rischio mentre la ricchezza cresce²³.

Weitzman (2001) ha chiesto a 2600 economisti professionali "quale tasso di interesse reale [...] dovrebbe essere usato per scontare nel tempo i benefici (previsti) ed i costi (previsti) di progetti proposti per mitigare gli effetti possibili del cambiamento climatico globale". I risultati dell'indagine indicano che nel corso dei prossimi 1-5 anni, il tasso di sconto medio dovrebbe essere del 4 per cento; per l'orizzonte di 6-25 anni, del 3 per cento; per 26-75 anni, 2 per cento; per 76 - 300 anni, 1 per cento e per più di 300 anni, 0 per cento.

Le evidenze empiriche basate sul comportamento degli individui confermano il fatto che per gli individui il tasso di sconto privato debba essere decrescente nel tempo, piuttosto che costante. Viene suggerito a volte che gli individui applichino tassi di sconto iperbolici-piuttosto che esponenziali costanti. Nello sconto iperbolico, il fattore di sconto è più alto di quello che viene implicitamente applicato nello sconto esponenziale, per importi sostenuti nel prossimo futuro, ma più bassi quando la somma X è sostenuta in un futuro più lontano. La figura A.1 riassume questo concetto.

²³ Weitzman (1998, 1999) sottopone altre ragioni sottostanti la riduzione nel tempo del tasso di sconto, che sono inerenti all'incertezza sui tassi di sconto futuri. Mentre il tempo scorre, il tasso di sconto converge al tasso di sconto minimo possibile. Chichilnisky (1997) considera gli attuali decisori pubblici, il cui obiettivo è quello di massimizzare i benefici netti in condizioni di richieste sostenibili (effettivamente, si tratta del benessere delle generazioni future). Un tasso di sconto decrescente nel tempo è coerente con la richiesta che le generazioni attuali devono sempre tenere in considerazione il benessere delle future generazioni. Li e Lofgren (2000) ottengono dei tassi di sconto sociali che decrescono nel tempo se la società si compone di due individui, un conservatore e un utilitarista, dove il primo ha un tasso di sconto più basso del secondo. A secondo dei pesi attribuiti dagli individui conservatori e utilitaristi nelle decisioni finali, il tasso di sconto può essere decrescente nel tempo, e tendente al minimo possibile (quello del conservatore).

Figura A.1.



Assumendo uno sconto esponenziale, con tassi di sconto costanti nel tempo, i ricercatori hanno inferito tassi di sconto individuali dai comportamenti e domande di scelta ipotetica. E' interessante notare come i tassi di sconto esibiti dagli individui varino considerevolmente da un contesto all'altro, per esempio quando si fanno domande sulla compensazione del denaro ("money-versus-money tradeoffs"), o del rischio ("risk-versus-money tradeoffs"), e delle decisioni d'impiego.

Mentre le considerazioni appena esposte sono probabilmente importanti nel caso di politiche di mitigazione, dove, a causa dell'inerzia del clima, occorrerebbero decenni prima che le concentrazioni di carbonio riflettano i cambiamenti nelle emissioni di GHG, Bosello et al. (2007) sostengono che questi problemi sono molto meno acuti nel caso delle politiche di adattamento, le quali producono tipicamente i costi ed i benefici nel breve periodo.

B. Costi-efficacia

Un'Analisi dei Costi Efficacia (ACE) si prefigge di individuare la migliore attività, processo, o intervento che minimizzi l'uso delle risorse necessario per raggiungere un certo risultato. Gli analisti e le agenzie governative effettuano ACE quando gli obiettivi della politica pubblica sono stati identificati e l'unica domanda restante è quella di trovare l'opzione meno costosa per raggiungere tali obiettivi. L'ACE, quindi, non chiede, né tenta di rispondere alla domanda se la politica è giustificata o meno (se i benefici sociali eccedono i costi). L'ACE è a volte usata come opzione *second best* nei casi in cui l'ACB, pur essendo preferibile, non viene condotta per l'impossibilità di monetizzare i benefici. L'Analisi costi-efficacia di una politica viene

calcolata dividendo i costi annuali dell'opzione per i benefici fisici, quali le vite salvate, i casi di malattia evitati, o i QALY.

Come l'analisi costi-benefici, l'Analisi Costi Efficacia può essere usata sia per valutare gli impatti previsti di politiche alternative prima che vengano implementate (analisi ex-ante), che per valutare l'efficacia di misure già implementate (analisi ex-post). Anche se l'approccio ed il metodo usati sono gli stessi per le due analisi, ex-ante ed ex-post, lo scopo dello strumento è diverso. L'analisi ex-ante si affida ad assunzioni e proiezioni, e si basa su dati riguardanti i costi e l'efficacia in diversi contesti, in modo da prevedere gli impatti delle politiche future.

Al contrario, l'ACE ex-post intende valutare se un problema è stato affrontato efficacemente grazie alla misura o al progetto in esame. In altre parole, fornisce una misura dell'efficacia dell'applicazione di una politica. Con la ACE ex-post, una particolare difficoltà è quella di separare gli impatti delle misure previste dalla politica da quelli non influenzati dalla politica, in modo da valutare in che misura gli impatti osservati possano essere attribuiti alla politica in questione.

Tradizionalmente, l'ACE è stata ampiamente usata per prendere decisioni nel campo medico e nella sanità pubblica. Supponiamo ad esempio, che due trattamenti medici o programmi alternativi di sanità pubblica consentano di evitare 100 e 70 casi di una malattia al costo di €10.000 e di €9.500, rispettivamente. Allora il costo-efficacia di questi programmi sarebbe espresso nel costo per caso evitato, che sarebbe uguale, rispettivamente, a €100 e a €135. Chiaramente, a parità di ogni altra condizione, il primo programma sarebbe ritenuto più efficace. Questo esempio illustra una delle ragioni per le quali intraprendere un'ACE—per poter scegliere tra alternative che permettono di raggiungere gli stessi obiettivi.

La valutazione dei costi di una politica nel quadro di un'ACE viene fatta in modo simile a un'ACB. Poiché non vi è nessuna stima dei benefici monetizzati, l'ACE è in qualche modo una procedura più semplice.

Gli analisti che si impegnano in un'ACE, tuttavia, dovranno preoccuparsi di questioni complesse quali la scelta del tasso di sconto (se i costi del programma sono sostenuti in un periodo futuro), o la quantificazione dell'efficacia, particolarmente nei casi in cui le politiche hanno più di un obiettivo dichiarato ed comportano l'implementazione di misure diverse per ognuno di questi obiettivi. Per esempio, consideriamo una politica che richieda l'uso di impianti di abbattimento per centrali elettriche e per altri impianti inquinanti, con conseguente riduzione simultanea delle emissioni degli ossidi di azoto e di idrocarburi (dove entrambi sono precursori dell'ozono troposferico). Non è immediata l'attribuzione del costo di installazione e funzionamento per questi impianti di abbattimento alle riduzioni delle emissioni, anche se tale operazione è necessaria al fine di esprimere il costo per tonnellata di ossidi di azoto e per tonnellata di idrocarburi.

Un limite dell'analisi costi-efficacia risiede nel fatto che non è in grado di rivelare qual è la scala ragionevole oppure ottimale del programma. Un altro limite è che non può essere usata per confrontare le situazioni con diversi flussi di benefici, perché -diversamente dell'ACB - non li converte in unità di misura comune.

C. Metodologie di stima dei costi e dei benefici dell'adattamento

Metodi di mercato

I metodi di mercato si prestano facilmente a calcolare i costi dell'adattamento. Supponiamo che l'adattamento consista nello sviluppare un sistema di protezione per ridurre i rischi di morbilità e di mortalità in caso di un'inondazione. Allora, il prezzo dei materiali e del lavoro sul mercato sono usati per calcolare i costi di costruzione, manutenzione e di funzionamento. In alcuni casi, è inoltre possibile determinare la DAP per una politica proposta -e quindi i relativi benefici- usando le informazioni disponibili nei mercati regolari. Per esempio, se una politica ambientale o agricola provoca un aumento della produzione agricola, i benefici della politica dovrebbero essere uguali all'aumento di raccolto moltiplicato per il prezzo di mercato del raccolto.

La maggior parte dei problemi di salute, tuttavia, non sono commerciabili normalmente in mercati regolari. Inoltre, in paesi con sistemi sanitari basati sulla copertura totale, il prezzo di mercato che le persone sostengono per la propria salute è nominale e non ha rapporto con il costo reale di produzione. Questo implica che non è possibile valutare la perdita o l'aumento di benessere connesso con i cambiamenti della domanda o dell'offerta di tali input.

Queste difficoltà portano gli analisti interessati a valutare i danni alla salute ad usare tecniche di valutazione non di mercato. Alcune di queste tecniche si affidano all'osservazione degli acquisti che le persone fanno in altri mercati e che usano come input per la stimare la funzione produzione della salute²⁴. Per esempio, è a volte possibile misurare il comportamento difensivo o preventivo, e i costi sostenuti dagli individui in risposta agli stress termici (acqua supplementare, condizionatori dell'aria, ventilatori, ecc.) o ai rischi idrogeologici (per esempio, rinforzando le case). Dovrebbe essere tenuto presente, tuttavia, che le spese preventive sostenute rappresentano soltanto un limite inferiore al calcolo dei benefici della politica proposta.

Tecniche di valutazione non di mercato: Metodi delle preferenze dichiarate

Per calcolare i benefici di una politica di adattamento, è necessario stimare la DAP per ridurre o evitare il rischio di morire. In molti casi, la DAP non può essere misurata facilmente usando i prezzi di mercato, perché gli effetti della politica non sono scambiati in mercati regolari. Consideriamo, per esempio, le malattie e gli infortuni mortali evitati tramite adattamento alle ondate di calore. Gli economisti hanno proposto un certo numero di tecniche -conosciute con il nome "valutazioni non di mercato" -per aggirare appunto la mancanza di mercati per questi merci o benefici, ed arrivare ad una loro valutazione.

La **valutazione contingente** è uno di questi metodi. La valutazione contingente è un approccio basato su questionari che può essere usato per chiedere agli individui la loro DAP per una programma pubblico che fornirebbe un bene pubblico o un miglioramento specifico alla qualità ambientale o alla sanità pubblica (Mitchell e Carson, 1989; Bateman e altri., 2002). Il metodo può anche essere usato per chiedere agli individui quanto valutano una riduzione privata del rischio di sviluppare una malattia o di morire.

²⁴ In una funzione di produzione della salute la famiglia combina gli input pubblici e beni privati per produrre salute.

Il bene pubblico o la riduzione di rischio privato in oggetto è ipotetica e viene descritta all'intervistato nel corso dell'indagine. Non avviene nessun pagamento reale, e ciò rende la valutazione contingente un metodo di preferenza dichiarata, nel senso che conta su quello che le persone dichiarano che farebbero in circostanze ipotetiche. La valutazione contingente è l'unica tecnica in grado di attribuire un valore a miglioramenti ambientali per i quali non sono disponibili dati di mercato.²⁵ E' stata usata per attribuire un valore alla morbilità e alla riduzione del rischio di decesso e per stimare la disponibilità a pagare per vari tipi di trattamento relativi alla salute.

Tecniche di valutazione non di mercato: Metodi delle preferenze rivelate

Il **metodo dei prezzi edonici** asserisce che gli individui percepiscono le unità abitative come un insieme di attributi e che derivano diversi livelli di utilità dalle differenti combinazioni di questi attributi. Quando le transazioni avvengono, gli individui mettono in relazione il costo monetario con gli attributi, e questo consente di stimare i valori marginali di questi attributi. Il prezzo di una casa è quindi la variabile dipendente in una regressione sulle caratteristiche strutturali della casa, sulle caratteristiche del vicinato e sulla qualità ambientale. Formalmente, l'equazione di regressione è la seguente:

$$(7) \quad p_i = \mathbf{x}_i\beta + \mathbf{N}_i\gamma + \mathbf{E}_i\delta + \varepsilon_i,$$

dove la p indica il prezzo della casa o della parcella, \mathbf{x} è un vettore che rappresenta le caratteristiche strutturali della casa, \mathbf{N} è un vettore delle caratteristiche del vicinato ed infine \mathbf{E} è un vettore di qualità ambientale o di altre variabili politiche.

I coefficienti degli attributi permettono agli analisti di stimare i valori marginali di questi attributi. Il metodo dei prezzi edonici è stato usato anche per attribuire un valore alla qualità ambientale, ai cambiamenti climatici (Maddison e Bigano, 2003), alle politiche urbane, come programmi di riduzione del traffico e per le zone pedonali (Curto e Simonotti, 1994), e perfino per i rischi di eventi meteorologici estremi.

Il metodo si basa su due presupposti chiave. In primo luogo, si assume che gli individui siano perfettamente a conoscenza del livello della qualità ambientale, dei rischi legati al clima, ecc. nella località dove si trova la proprietà. In pratica, tuttavia, ci possono essere delle differenze su come gli attributi di qualità ambientale sono percepiti dagli scienziati e dagli individui, ed è proprio la percezioni individuale a determinare il prezzo. In secondo luogo, il metodo dei prezzi edonici presuppone che i mercati immobiliari siano funzionanti, con un numero sufficiente di transazioni ed un'adequata domanda e offerta affinché il mercato raggiunga l'equilibrio, e nessuna barriera all'entrata.

Anche se questi presupposti sono soddisfatti, gli studi sui prezzi edonici incontrano generalmente molte difficoltà econometriche. Ad esempio, può essere difficile districare i fattori che influenzano i prezzi delle case, poiché molti di questi si presentano insieme in una determinata area. Per esempio, nelle vicinanze di aree urbane abbandonate, vi è non solo il rischio di suoli contaminati, ma anche un più alto tasso di criminalità, un impatto visivo negativo sul paesaggio urbano, e così via. (Questo problema può essere attenuato svolgendo uno studio di vendita ripetuta: se esiste una documentazione su transazioni multiple della

²⁵ La valutazione contingente è inoltre l'unico metodo in grado di stimare i valori di non-uso, cioè il fatto che qualcuno potrebbe essere disposto a pagare per salvaguardare una risorsa naturale anche nel caso in cui non la utilizzi. Questa considerazione, tuttavia, si applica alle risorse naturali, ed è irrilevante per quanto riguarda gli impatti sulla salute, oggetto di questo studio.

stessa casa o parcella, sia prima che dopo una certa politica che si crede possa avere influenzato il prezzo, la variabile dipendente diventa allora il cambiamento nel prezzo da una transazione all'altra. Assumendo che tutto il resto riguardante la parcella e il vicinato rimanga immutato, la variazione nel prezzo (se c'è) è ascrivibile alla politica o all'evento di interesse, o al cambio nella qualità ambientale.)

I modelli dei prezzi edonici sono inoltre molto sensibili alla scelta della forma funzionale ed alla definizione dell'estensione del mercato di riferimento.

In particolare, gli studi sui prezzi edonici valutano il punto di equilibrio del mercato, che riflette sia la domanda che l'offerta per l'attributo (ad esempio, la qualità ambientale) che viene studiato. Ma per valutare la DAP—e non solo il prezzo marginale implicito di ciascuno attributo—è necessario identificare l'intera funzione di domanda. Questo è possibile se sono disponibili dati da mercati multipli o se il ricercatore è disposto a fare assunzioni circa la forma della funzione di utilità degli individui.

Gli studi sulla **compensazione dei salari** applicano il metodo dei prezzi edonici nel contesto del mercato del lavoro. In un tipico studio sulla compensazione dei salari, il tasso di salario viene regredito su variabili quali la formazione, l'esperienza di lavoro, il rapporto con il datore di lavoro corrente, l'occupazione e l'industria, il suo genere, l'eventuale appartenenza del lavoratore ad un sindacato, ecc. ed ogni altro fattore di interesse che si creda possa influire sul livello dei salari, quali il clima o il rischio di morire in un incidente sul lavoro.

Il coefficiente di quest'ultima variabile è usato per stimare il Valore di una Vita Statistica (VSL), cioè, il tasso a cui gli individui sono disposti a cedere parte dello stipendio per ottenere una riduzione di rischio. Il VSL è un elemento chiave nella valutazione dei benefici sulla mortalità delle politiche che salvano le vite, quali le politiche per il trasporto o determinate politiche ambientali o di sicurezza sul posto di lavoro.

Viscusi (1993) suggerisce di usare il modello di regressione seguente:

$$(8) \quad w_i = \mathbf{x}_i\beta + p_i \cdot \gamma + q_i \cdot \delta + (q_i \cdot WC_i) \cdot \lambda + \varepsilon_i.$$

Dove w è il salario (o una sua trasformazione), \mathbf{x} è un vettore di caratteristiche dell'individuo o attributi del lavoro che influenzano il livello del salario, p è il rischio di morire in un incidente sul lavoro, q è il rischio di una ferita non fatale e WC è la compensazione dell'operaio in caso di incidente (questo significa che $q \cdot WC$ è la compensazione attesa del lavoratore). Il coefficiente δ permette di stimare il VSL.

La stima del VSL, tuttavia, si affida a un certo numero di rigorose assunzioni, e cioè che il rischio dei lavoratori sia misurato correttamente e che il rischio percepito sia uguale al rischio oggettivo. Inoltre, la maggior parte degli studi sulla compensazione dei salari esaminati in Viscusi (1993) e Aldy and Viscusi (2003) ignorano l'auto-selezione degli operai per lavori più rischiosi (o più sicuri) ed il fatto che, ancora una volta, questi studi identificano l'equilibrio del mercato, e non le preferenze dei lavoratori basate sulla loro domanda per un programma di sicurezza.

Per concludere, desideriamo citare due metodi che sono usati frequentemente per stimare gli effetti sulla salute umana di determinate politiche, vale a dire il metodo basato sulle **spese di prevenzione** ed il metodo del **costo-della-malattia**. Il primo di questi metodi misura semplicemente i costi a cui vanno incontro gli individui per mettersi al riparo dai rischi per la

salute. Per esempio, se l'acqua potabile fosse contaminata, gli individui si affiderebbero all'acqua in bottiglia. Il costo dell'acqua in bottiglia viene così usato per misurare i benefici derivanti dall'eliminazione dell'inquinamento nell'acqua potabile. Similmente, se gli individui installassero i materiali di isolamento acustico nelle loro sedi per attutire il rumore del vicino traffico, il costo di acquisto e di installazione di questi materiali sarebbe interpretato come misura dei benefici di una politica per l'attenuazione di rumore o di spostamento del traffico. Dovrebbe tuttavia tenersi a mente che queste misure sottostimano i veri benefici della politica, perché il metodo delle spese preventive non cattura il valore della dis-utilità (disagio) connesso con alcune malattie causate dall'acqua inquinata o dal rumore.

Con il metodo del costo-della-malattia, gli analisti sommano semplicemente le spese mediche sostenute per ridurre o curare i sintomi, alle perdite di reddito dovuto all'assenza da lavoro (o i giorni di scuola persi, nel caso degli effetti sulla salute dei bambini). Di nuovo, questo metodo, che è ampiamente usato nelle analisi delle politiche, non tiene conto del valore della dis-utilità dovuto alla malattia e dovrebbe quindi essere considerato come il limite inferiore dei benefici connessi alla rimozione delle cause delle malattie.

Rowe e Chestnut (1985) e Alberini e Krupnick (2000) presentano i risultati di indagini che stimano la DAP per evitare episodi di malattia e raccolgono inoltre informazioni sui costi-della-malattia e sulle spese a cui vanno incontro gli individui per difendersi, e valutano che la DAP è 2-4 volte superiore ai costi sostenuti per la malattia. Questo implica che usare il metodo del costo-della-malattia o quello delle spese preventive sottovaluta seriamente i benefici derivanti dall'evitare determinati danni alla salute.

In Italia, il metodo del costo-della-malattia è stato applicato da Esposti et al. (2001) ad un campione di pazienti residenti a Ravenna affetti da ipertensione, in uno studio di coorte che li ha seguiti per un anno (dal 1° gen. al 31 dic. 1997). Il costo medio all'anno per paziente era di €13. Sulla base di questi valori riportati nel loro articolo, stimiamo che il costo per ospedalizzazione è pari a €4.125. E' necessario precisare che le perdite di ore lavorative non sono contabilizzate in queste valutazioni; non siamo stati in grado di valutarle perchè la durata della degenza in ospedale, le età e le professioni delle persone interessate non sono state fornite dagli autori. Per queste ragioni, e perchè queste stime del costo-della-malattia non catturano il valore dello sconforto dovuto alla malattia, i dati riportati sopra dovrebbero essere interpretati come il limite inferiore del vero valore della malattia.

Questi valori sono nella scala di grandezza delle stime dei costi-della-malattia preparati dal Ministro della Salute Italiano:

“Lo scompenso cardiaco costituisce circa l'1,9% del costo totale annuo dell'assistenza ospedaliera per il SSN e pertanto rappresenta la prima causa medica di consumo di risorse delle strutture ospedaliere. Il costo medio per singolo ricovero per insufficienza cardiaca, a livello nazionale, può essere stimato in € 3.236 nel 2003. Questo valore è mediamente superiore nei pazienti meno anziani (<65 anni: €3.506) mentre è inferiore (€3.199) nei pazienti di 65 anni e oltre.”²⁶

Il costo per il ricovero ospedaliero potrebbe essere combinato con il numero di ricoveri ospedalieri previsti dagli studi ecologici (vedasi a tal proposito Pauli e Rizzi, 2005 e Michelozzi et al., 2005) durante le ondate di calore o durante estati con una temperatura media specifica.

²⁶ Vedasi http://www.governo.it/GovernoInforma/Dossier/salute_progetto/dati.html

Trasferimento dei benefici

Intraprendere uno studio di valutazione è un esercizio generalmente costoso e lungo. In alcuni casi, è possibile rispondere alle domande della politica senza necessariamente intraprendere studi originali di valutazione. Il metodo del trasferimento del beneficio conta sulle informazioni esistenti derivanti da uno studio precedente e cerca di applicarle ad un nuovo contesto o luogo.

In pratica, ci sono tre metodi principali per condurre un trasferimento del beneficio. Il primo è semplicemente di trasferire i benefici, senza alcuna aggiustamento, dal luogo A al luogo B. Questo metodo suppone che i danni alla salute oggetto di stima siano simili nei due luoghi, come anche le preferenze degli individui per denaro e salute.

Il secondo metodo è quello di trasferire la funzione della DAP. Per fare ciò, occorre stimare una regressione basata sui dati raccolti nel paese A, collegando la DAP alle caratteristiche dell'intervistato e alle caratteristiche del bene valutato. Si costruisce quindi una previsione della DAP per il paese B basandosi sulle diverse caratteristiche degli intervistati e del bene da valutare nel paese B. Questo metodo permette all'analista di aggiustare le differenze tra popolazioni e bene da valutare nei diversi luoghi, ma continua ad assumere che la struttura delle preferenze sia la stessa per i due paesi.

Un caso particolare di questo secondo metodo è quello di aggiustare la DAP solo sulla base del reddito. Per esempio, se la DAP media di una famiglia per un cambiamento specifico nella qualità ambientale o per un bene pubblico nel paese A è €50, e il reddito della famiglia del paese A è €20.000, mentre il reddito del paese B è €30.000, si può allora moltiplicare €50 per 1,5. Questo metodo relativamente semplice presume che l'elasticità del reddito della DAP sia pari ad 1. In alternativa, ci si potrebbe affidare alle stime sull'elasticità della DAP rispetto al reddito (diciamo 0,7), e aggiustare la DAP trasferita di conseguenza. In questo esempio, la DAP del paese B sarebbe $50 \times (30.000/20.000)^{0,7}$, cioè circa €66.

Si sono realizzati alcuni confronti internazionali all'interno dell'Europa (Ready et al., 2004, Alberini et al., 2004) e degli Stati Uniti e Taiwan (Alberini et al., 1997), riguardanti la DAP per evitare gli effetti di morbidità e per ridurre i rischi di mortalità. I risultati sono diversi, nel senso che per alcuni studi i trasferimenti della DAP erano ragionevoli, mentre per altri erano poco soddisfacenti. Per questi ultimi, gli effetti specifici relativi al paese—dovuti forse alle differenze nei campionamenti o a fattori difficili da misurarsi—hanno influenzato seriamente la DAP.

Per concludere, esiste un terzo esempio di trasferimento del beneficio: quando i valori stimati per un certo output o in un particolare contesto vengono applicati ad un altro contesto. Per esempio, sia negli Stati Uniti che nel Regno Unito, gli enti governativi hanno usato le valutazioni di una vita statistica (VSL) stimata con gli studi sulla compensazione degli stipendi, per calcolare i benefici della riduzione di mortalità delle politiche che salvano vite (ambientali o programmi di sicurezza stradale). Ciò è stato fatto anche se il rischio di mortalità per cause ambientali è molto differente dal rischio di morire in un incidente sul posto di lavoro nel prossimo anno. Inoltre i beneficiari delle politiche ambientali—gli anziani e le persone già debilitate—sono molto differenti dal lavoratore medio.

2. Metodologie di stima dei benefici di adattamento derivanti da una riduzione della mortalità

I cambiamenti climatici comportano molti rischi per la salute umana. In questa sezione, ci concentriamo sui rischi di mortalità associati alle ondate di calore e agli eventi idrogeologici estremi, che si prevede saranno più frequenti ed intensi in futuro.

A. DAP per le riduzioni di rischio

Per valutare i benefici delle politiche di adattamento che salvano vite umane, è necessario attribuire un valore monetario alle riduzioni del rischio di mortalità. È tuttavia difficile valutare una riduzione nei rischi di mortalità, perché questo è un bene che tipicamente non viene messo in commercio nel mercato. Per aggirare questo problema, gli economisti hanno elaborato un certo numero di tecniche che vengono generalmente dette valutazioni non-di-mercato. Questo tipo di valutazioni possono essere classificate in due categorie: metodi delle preferenze rivelate e metodi delle preferenze dichiarate. Lo scopo di questi metodi è quello di stimare la DAP degli individui -e quindi della società- per ridurre il loro rischio di morire, che è la misura teoricamente corretta di questo valore.²⁷

Con l'approccio delle preferenze rivelate si stima il valore della riduzione del rischio di morire osservando i diversi comportamenti e le spese degli individui per attività e merci collegate. L'approccio delle preferenze dichiarate, invece, si basa su indagini e chiede direttamente agli individui il valore che essi attribuiscono ad una determinata risorsa (o che cosa farebbero in specifiche circostanze ipotetiche).

I metodi di valutazione dei benefici associati ad una riduzione della mortalità si basano sul concetto del Valore di una Vita Statistica.

B. Il valore di una vita statistica.

Il Valore di una Vita Statistica (VSL) è un input chiave nel calcolo dei benefici delle politiche di adattamento che salvano vite umane. I benefici sulla mortalità sono calcolati moltiplicando il VSL per il numero di vite salvate $VSL \times L$, dove L è il numero previsto di vite salvate dalla politica.

Il VSL è il valore marginale di una riduzione del rischio di morire ed è definito come il tasso al quale le persone sono disposte a scambiare il reddito per una riduzione di rischio:

$$(9) \quad VSL = \frac{\partial WTP}{\partial R} ,$$

²⁷ La disponibilità a pagare è definita come l'ammontare massimo di denaro che può essere sottratto dal reddito di un individuo per mantenere la sua utilità attesa allo stesso livello. Si assume che gli individui derivino il proprio benessere, o utilità, dal consumo di beni. In un semplice modello statico, assumiamo che $U(y)$ denoti la funzione di utilità che esprime il livello di benessere prodotto dal consumo y quando l'individuo è vivo. Inoltre si consideri R che indica il rischio di morire nel periodo corrente, e $V(y)$ che indica l'utilità del consumo quando l'individuo è morto. L'utilità attesa è espressa come $EU=(1-R) \cdot U(y)+R \cdot V(y)$. Questa espressione si semplifica nel modo seguente $EU=(1-R) \cdot U(y)$ se si assume che l'utilità del reddito è zero quando l'individuo è morto.

dove la R è il rischio di morire²⁸. Il VSL può essere anche descritto come la DAP totale di un gruppo di N persone che sperimentano una riduzione uniforme del loro rischio di morire pari a $1/N$. Per esempio, consideriamo un gruppo di 10.000 individui e supponiamo che ciascuno di loro sia disposto a pagare €30 per ridurre il proprio rischio di morire per un ammontare pari a 1 su 10.000. Il VSL implicito che deriva da questa DAP è €30/0,0001, pari a €300.000.

Il concetto di VSL è generalmente ritenuto appropriato per le analisi di politiche ex-ante, quando le identità delle persone le cui le vite vengono salvate dalla politica non sono ancora conosciute. Secondo l'esempio citato sopra, il VSL è calcolato stimando anzitutto la DAP per una specifica riduzione di rischio ΔR , e dividendo in seguito la DAP per ΔR .

Un certo numero di metodi alternativi sono stati usati per stimare la DAP per una specifica riduzione del rischio, e quindi per calcolare il VSL. Li riportiamo qui di seguito.

C. Approccio del capitale umano

L'approccio tradizionale sostiene che il valore di una vita è il valore attuale del flusso di reddito generato da una persona per il tempo che gli resta da vivere. Questo metodo è stato criticato perché produce un valore molto basso, o addirittura zero, per gli individui che non sono remunerati, come le casalinghe e i pensionati, anche se queste persone sono disposte a pagare per una riduzione del loro rischio di morire. Chiaramente, con l'approccio del capitale umano, il valore della vita dipende dal numero di anni (produttivi) che restano da vivere all'individuo.

D. Studi di compensazione del salario

Valutazioni alternative del VSL possono essere derivate dai differenziali dei compensi sullo stipendio nei mercati lavorativi. L'idea di base è che devono essere offerti stipendi più alti agli operai affinché accettino i lavori con rischi di mortalità più elevati. D'altra parte i datori di lavoro sono disposti a seguire questa procedura finché questa risulta meno costosa dell'installazione di apparecchiatura di sicurezza sul lavoro.

Riepilogando quanto spiegato in precedenza, in un tipico studio sulla compensazione degli stipendi, si raccolgono dati sul livello dello stipendio, sulla formazione, sull'esperienza, sull'occupazione e su altre varie caratteristiche dei lavoratori e del posto di lavoro. Questi dati vengono quindi usati in una regressione che mette in relazione il livello dello stipendio ai rischi di lesioni mortali e non, tenendo sotto controllo la formazione e l'esperienza del lavoratore e le caratteristiche di altri lavori e lavoratori, capaci di influenzare gli stipendi. Viscusi (1993) suggerisce la seguente formulazione della regressione sullo stipendio:

$$(10) \quad w_i = \beta_0 + \mathbf{x}_i \boldsymbol{\beta}_1 + p_i \beta_2 + q_i \beta_3 + (q_i \times WC_i) \beta_4 + \varepsilon_i$$

dove w è il livello dello stipendio del lavoratore i , e la x è un vettore di caratteristiche dell'individuo, del posto di lavoro e del lavoro stesso, come l'esperienza, la formazione, l'età, il genere, lo stato civile, l'eventuale appartenenza del lavoratore ad un sindacato, dummies industriali, occupazionali e geografiche. La variabile p misura il rischio di morire sul lavoro,

²⁸ In un modello di utilità attesa con utilità attesa pari a $EU=(1-R) \cdot U(y)$, il VSL può essere espresso nel modo seguente $VSL=U(y)/[(1-R) \cdot U'(y)]$.

mentre q è il rischio di lesioni non fatali. I β sono i coefficienti, e il VSL può essere stimato a partire da β_1 .^{29 30}

Un punto chiave quando si valuta l'equazione (10) in questi studi è come misurare p e q . I ricercatori hanno generalmente misurato p e q usando statistiche ufficiali, ma sono i rischi percepiti – e non quelli oggettivi- che dovrebbero influenzare gli stipendi. Tuttavia, conosciamo solo due studi che abbiano tentato di elicitarne i rischi percepiti, regredendo gli stipendi sui rischi percepiti, piuttosto che su quelli oggettivi. (Gegax et al., 1988 e Lanoie et al., 1995).

Recenti studi sulla compensazione dei salari basati su mercati lavorativi europei (Siebert e Wei, 1994; Sandy ed Elliott, 1996; Arabsheibani e Martin, 2000; Sandy et al., 2001) hanno stimato il VSL tra €4,3 e €74,4 milioni. Una meta-analisi condotta da CSERGE (1999) ha prodotto una serie di stime per il VSL tra €2,9 milioni e €100 milioni, con una media ponderata di €6,5 milioni (euro dell'anno 2000).

Le stime del VSL basati su questi studi presentano diverse complicazioni da un punto di vista econometrico. Ad esempio, Leigh (1995) dimostra che se l'equazione di regressione tenta di controllare i differenziali di stipendio fra le industrie, il coefficiente attribuito ai rischi fatali diventa allora non significativo, rendendo impossibile la stima del VSL. Usando i dati del Regno Unito, Hintermann et al. (2007) dimostrano che persino piccole modifiche nelle specificazioni econometriche possono cambiare drasticamente la stima del VSL. Inoltre, quando questi autori adottano tecniche di stima econometrica che tengono conto dell'endogeneità del rischio e del salario, e del fatto che il rischio è affetto da errori di misura, trovano dei valori trascurabili del VSL.

Ci risulta che esiste soltanto uno studio sulla compensazione dei salari per i lavoratori italiani - quello di Barone e Nese (2002), che non ha trovato una relazione significativa tra i rischi oggettivi sul posto di lavoro e gli stipendi. Questo risultato è coerente con il fatto che i rischi medi per una categoria di lavoratori sono affetti da errori di misura che mascherano completamente ogni eventuale relazione fra salari e rischi.

Chiaramente, quando si usa il VSL stimato attraverso studi del mercato del lavoro, si suppone implicitamente che il trade-off tra rischio e reddito osservato nei mercati del lavoro possono essere applicate in altri contesti, come le politiche climatiche o ambientali. Tuttavia, non c'è ragione particolare per credere che il VSL osservato nei mercati del lavoro debba corrispondere al VSL usato per valutare i benefici sulla mortalità delle politiche di adattamento ai cambiamenti climatici.

Diversi valori di VSL si giustificano per il fatto che i beneficiari delle politiche di adattamento (coloro le cui vite sono salvate dalle politiche; per esempio, gli anziani e le persone con malattie cardiovascolari e respiratorie croniche) sono diversi dai lavoratori (principalmente maschi) che sono oggetto di valutazione nella maggior parte dei studi sulla compensazione

²⁹ Nei lavori empirici, la trasformazione logaritmica del tasso di stipendio spesso rimpiazza w come variabile dipendente nella regressione. Il tasso di stipendio, w , e il rischio di un incidente sul posto di lavoro, p , sono solitamente misurati su base annuale.

³⁰ Viscusi afferma che q debba essere incluso nell'equazione di compensazione. Siccome p e q sono in genere altamente correlati, se non si procede in questo modo ne risulterebbero dei risultati distortivi del coefficiente β_1 , e conseguentemente del VSL. Viscusi sostiene inoltre che la compensazione attesa dei lavoratori (il termine $q \times WC$) dovrebbe anche essere incluso nell'equazione.

degli stipendi. La natura dei rischi è inoltre differente: i rischi sul posto di lavoro sono di tipo volontario, mentre i rischi connessi con gli stress termici sono involontari, il che può determinare diverse DAP, anche se l'ammontare della riduzione di rischio fosse la stessa.

E. Metodo dei prezzi edonici e studi sul comportamento del consumatore

Un altro metodo delle preferenze rivelate che permette di stimare il VSL è quello che mette in relazione il prezzo di un prodotto agli attributi del prodotto stesso, compreso la sua sicurezza. Atkinson e Halvorsen (1990) e Andersson (2005) regrediscono il prezzo delle automobili sugli attributi delle stesse, come ad esempio le loro dimensioni, efficienza nel consumo, ed il rischio di morire in un incidente guidando un'automobile di questa marca e modello, per stimare infine il prezzo marginale implicito del rischio.

Gli studi sul comportamento del consumatore esaminano il tempo speso da un individuo in attività che aumentano la sicurezza, o i soldi investiti in prodotti che riducono il rischio, per stimare la DAP per una riduzione del rischio di morire. Per esempio, Blomquist (1979) analizza se il conducente allaccia o meno le cinture di sicurezza prima di mettersi alla guida, e utilizza un modello probit per stimare il VSL. Jenkins et al. (2001) studiano l'utilizzo di caschi quando si usa la bicicletta. Una recente meta-analisi di Blomquist (2004) conclude che i VSL stimati dagli studi sul comportamento preventivo dei consumatori sono generalmente minori rispetto a quelli derivati da altri approcci.

Tuttavia, sia il metodo dei prezzi edonici sia gli studi sul comportamento dei consumatori, assumono che gli individui conoscano perfettamente il loro rischio di morire di base e la riduzione di rischio associata a determinati prodotti o attività preventive che riducano tale rischio. Le stime del VSL basate su questi approcci sono soggette alle stesse problematiche già espresse a proposito dei mercati del lavoro: senza ulteriori documentazioni e studi, non c'è una ragione particolare per ritenere che tali stime siano appropriate per valutare le riduzioni del rischio di morte in altri contesti.

F. Studi di Valutazione Contingente

Gli studi di Valutazione Contingente (Contingent Valuation, o CV), appartenenti all'approccio delle preferenze dichiarate, presentano il vantaggio di poter superare alcune delle limitazioni implicite negli studi di preferenza rivelata. Ad esempio, gli intervistati possono essere istruiti sul livello base del loro rischio e sull'entità del rischio che andranno a stimare. Inoltre, uno studio di CV può essere adattato allo specifico tipo di rischio da valutare e al periodo di "latenza" oggetto di valutazione. La questione della "latenza" si presenta quando la riduzione di rischio avviene nel futuro, ma le decisioni a questo proposito ed il loro pagamento devono essere effettuati nel momento presente (vedere, per esempio, Johannesson et al., 1996 e Krupnick et al., 2002). Questo si riscontra con i rischi di cancro per esempio, ma anche ogni volta che vi sono politiche che producono benefici di riduzione del rischio in futuro. Gli studi sulla compensazione degli stipendi, al contrario, non sono adatti a stimare i rischi futuri, poiché si concentrano generalmente sul rischio di morire in un incidente sul posto di lavoro durante il prossimo anno. Inoltre non si occupano dei rischi cui incorrono gli anziani.

Si deve fare particolarmente attenzione alla comunicazione del rischio, che generalmente è difficile perché per gli intervistati è problematico comprendere correttamente i rischi di

piccola entità. Degli aiuti visivi e vari tipi di accorgimenti grafici sono spesso usati per aiutare gli intervistati ad elaborare il rischio. Scale di rischio, torte statistiche, grafici e tabelle sono esempi di mezzi per la comunicazione del rischio.

In un'indagine di CV, la riduzione di rischio può essere comunicata all'intervistato in due modi possibili: con un programma pubblico, o come riduzione di rischio privata. Dalla prospettiva del ricercatore, la scelta fra queste due alternative dipende dallo scopo per cui gli studi sono intrapresi, così come da altre considerazioni di ordine pratico. Per esempio quando si esaminano i benefici associati ad una riduzione della mortalità per effetto di politiche per l'adattamento ai cambiamenti climatici, sembrerebbe ovvio dover basare l'esercizio di valutazione su un programma pubblico che riduce il rischio di morire. Tuttavia, i ricercatori si preoccupano che in tale contesto, le risposte alle domande sulla disponibilità a pagare possano essere influenzate da considerazioni altruistiche, il che fa emergere la questione del doppio-conteggio dei benefici. La teoria economica (Jones-Lee, 1991, 1992) mostra come le circostanze in cui avvengono i doppi-conteggi dipendano fondamentalmente da due fattori: il tipo di altruismo (paternalistico o non-paternalistico) e le assunzioni fatte da un individuo sui pagamenti degli altri.

In pratica, tuttavia, è difficile riconoscere esattamente il tipo di altruismo che motiva un intervistato, e dire agli intervistati che cosa devono presumere al riguardo dei pagamenti delle altre persone (Johannesson et al., 1996). Queste difficoltà sono la ragione per la quale molti degli studi recenti si sono concentrati su riduzioni di rischio private, chiedendo alle persone se avrebbero comprato un prodotto, un intervento medico o un dispositivo di sicurezza, sapendo che questo determina una riduzione specifica del rischio al costo di €X. Questo metodo dovrebbe funzionare bene quando una causa specifica di morte può essere direttamente collegata ad un prodotto, come nel caso del cancro della pelle e delle creme solari (Dickie e Gerking, 1996). Gli individui possono, tuttavia, sia mettere in discussione l'efficacia del prodotto che preoccuparsi degli effetti secondari.

La teoria economica predice che la DAP dovrebbe aumentare con il rischio di base e con l'ammontare della riduzione di rischio. Nel costruire un questionario di CV sulla riduzione del rischio di mortalità è necessario decidere se i rischi da valutare debbano essere i rischi che gli intervistati affrontano soggettivamente, o se i rischi debbano essere descritti in maniera oggettiva all'intervistato. Nel prendere questa decisione, bisogna tener presente che può essere difficile per gli intervistati valutare i propri rischi soggettivi. Inoltre, sia la DAP che i rischi soggettivi di base e/o le riduzioni di rischio possono essere influenzate da fattori individuali in comune ad ambedue ma non osservabili. Questo renderebbe le riduzioni di rischio endogene in una regressione della DAP su quest'ultimo, un problema che deve essere affrontato nell'analisi econometrica delle DAP dichiarate utilizzando tecniche di stima con variabili strumentali.

Anche se il metodo funziona con i rischi oggettivi, ci possono tuttavia essere dei problemi, nel senso che gli individui possono non accettare i rischi che vengono loro proposti. Quando questo accade, l'equazione di regressione che mette in relazione la DAP con la riduzione del rischio è affetta da un problema di errore di misura, che comporta distorsioni nelle stime del coefficiente sul rischio, invalidando la stima del VSL. Una soluzione possibile a questo problema è dire agli intervistati che i rischi descritti si applicano ad una persona simile a loro per età, genere, famiglia, e che ha intrapreso le loro stesse azioni per ridurre i rischi.

La teoria economica suggerisce che la DAP per una riduzione del rischio dovrebbe crescere con l'aumentare della riduzione del rischio. Hammitt e Graham (1999) segnalano che molti

studi di CV non riescono a rilevare una relazione significativa tra DAP e ammontare della riduzione del rischio, mentre Corso et al. (2001) esplorano la possibilità che tale problema possa essere dovuto ad una scarsa comunicazione del rischio.

G. Considerazioni sui possibili metodi di stima del VSL

Nella tabella A.1, riassumiamo i metodi possibili per la stima del valore appropriato di VSL da applicare alle conseguenze del cambiamento climatico. Desideriamo dare risalto al fatto che gli studi che elicitano il VSL nel contesto dei rischi accidentali sul posto di lavoro sono difficilmente trasferibili al contesto delle ondate di calore, a causa del tipo differente di morte e per via dell'età, dello stato di salute e delle preferenze possibili per reddito e salute. I lavoratori non corrispondono quindi ai beneficiari delle politiche di adattamento (che sono gli anziani e quelli con salute precaria). Le morti per inondazioni e per altri eventi idrogeologici estremi sono accidentali, come i rischi sul posto di lavoro, ma differiscono da questi ultimi per via di altri attributi. Inoltre, i bambini e gli anziani possono a loro volta morire per inondazioni, ma non sono rappresentati nel mercato del lavoro. Allo stesso tempo, il VSL stimato dagli studi che si interessano dei rischi cardiovascolari e respiratori (per esempio, Alberini e Chiabai, 2007) sembrerebbero inadatti per gli eventi idrogeologici.

Tabella A.1. Riepilogo dei valori di VSL per l'Italia e loro applicabilità in analisi costi-benefici per l'adattamento rispetto ai rischi per la salute umana.

Metodologia di stima del VSL	Studi di questo tipo sono disponibili in Italia?	Questi studi sono appropriati per stimare i benefici di adattamento agli effetti negativi sulla salute causate dalle ondate di calore?	Questi studi sono appropriati per stimare i benefici di adattamento agli eventi idrogeologici estremi?
Studi sulla compensazione dei salari	No	No—età e stato di salute delle persone oggetto di studio non corrispondono ai beneficiari delle politiche di adattamento alle ondate di calore; problema del rischio volontario e non volontario.	Solamente nei limiti in cui entrambe le cause di morte siano “accidentali”; bambini e anziani sono esclusi; problema del rischio volontario e non volontario.
Prezzi edonici	Alberini, Chiabai e Nocella (2005) estrapolazione da Bigano e Maddison (2003)	Si, ma l’approccio si basa su assunzioni molto restrittive.	Possibile solo se si assume che le variazioni di temperatura catturano tutti gli effetti del cambiamento climatico sulla salute umana, inclusa la mortalità durante le inondazioni ecc. Si tratta di un’assunzione molto forte che non può essere testata empiricamente.
Comportamento dei consumatori	No	Se lo studio sul comportamento del consumatore riguarda azioni e prodotti associati a rischi simili.	Se lo studio sul comportamento del consumatore riguarda azioni o prodotti associati a rischi simili — per esempio, scelta di abitazioni in aree meno a rischio, lavori di supporto e rafforzamento della propria casa, ecc.
Preferenze dichiarate	Si	Alberini e Chiabai (2007); se si usano queste cifre si assume che il VSL per una riduzione di rischio privata può essere usata anche per programmi pubblici..	Nessuno studio per l’Italia è disponibile al momento.

H. Fattori che influenzano il VSL

L'effetto dell'età

Nei contesti di sicurezza dei trasporti e di politica ambientale, è stato segnalato che le morti avvengono in misura sproporzionata soprattutto in certi gruppi di età. Per esempio, la maggior parte delle persone che muoiono negli incidenti di traffico stradale sono giovani maschi, mentre l'evidenza epidemiologica degli Stati Uniti (Pope et al., 1995) indica che più del 75%

delle vite salvate dalla Legge “Clean Air Act” sono quelle delle persone di 65 anni e più. Similmente, le ondate di calore sono state collegate con l'aumento della mortalità prematura negli anziani. Questo ha portato alla domanda se il VSL debba o meno essere “aggiustato” per l'età.

I fautori di un tale aggiustamento sostengono che il VSL dovrebbe essere più basso per le persone più anziane perché hanno una vita rimanente più breve. Per vedere come questo punto si adatta alla teoria economica, consideriamo il modello del ciclo di vita, secondo cui un individuo all'età j riceve l'utilità prevista V_j per il resto della sua vita:

$$(11) \quad V_j = \sum_{t=j}^T q_{j,t} (1 + \rho)^{j-t} U_t(C_t),$$

dove V_j è il valore attuale del consumo di utilità in ogni periodo, $U_t(C_t)$, moltiplicato per la probabilità che l'individuo sopravviva a quel periodo, $q_{j,t}$, scontata al presente al tasso soggettivo di preferenza temporale ρ . T è la durata massima della vita. L'espressione specifica del vincolo di bilancio dell'individuo dipende dalle assunzioni fatte sulle sue opportunità di prendere o dare a prestito denaro. Se, per esempio, assumiamo che l'individuo possa prendere in prestito e prestare denaro al tasso senza rischio r , pur non essendo mai un mutuatario netto e che il vincolo di ricchezza dell'individuo sia limitato solo da T , il VSL all'età j è uguale a:

$$(12) \quad VSL_j = (1 - D_j)^{-1} \sum_{t=j+1}^T q_{j,t} (1 + \rho)^{j-t} \frac{U_t(C_t)}{U'_t(C_t)},$$

dove D_j è la probabilità di morire all'età j .³¹

Se il termine $\frac{U_t(C_t)}{U'_t(C_t)}$ è costante rispetto all'età, esso può essere portato fuori dalla sommatoria

(12), e questo implica che la DAP è proporzionale agli anni scontati di vita rimanente. Se, in più, il tasso di sconto è zero, allora la DAP per una riduzione del rischio di morire è strettamente proporzionale agli anni di vita rimanente.

In conclusione, l'aggiustamento del VSL rispetto all'età si fonda su due presupposti restrittivi: (i) che l'utilità divisa per l'utilità marginale non varia con l'età e (ii) che il tasso di sconto è zero. Non c'è ragione particolare per credere che queste assunzioni debbano essere vere nella pratica. Per esempio, se l'utilità marginale del consumo aumenta con l'età, allora non è più appropriato supporre che la DAP sia proporzionale agli anni di vita rimanenti.

In un'esercizio teorico, Shepherd e Zeckhauser (1982) suppongono che la funzione di utilità abbia la forma C^β , e mostrano che per valori plausibili di β , la DAP per una riduzione del rischio ha una forma ad U-invertita con un picco quando l'individuo arriva ai cinquanta anni. Jones Lee (1989) ha trovato un sostegno empirico a questa nozione, come anche Johannesson et al. (1997). Entrambi gli studi segnalano che la DAP per una riduzione del rischio di un certo ammontare è al suo massimo quando l'individuo ha circa 50 anni. La DAP è più bassa

³¹ La VSL all'età j è definita come la disponibilità a pagare per una variazione marginale in D_j , la probabilità di morire all'età j .

fra gli individui più giovani e quelli più anziani, il che è coerente con la relazione quadratica prevista da Shepherd e da Zeckhauser.³²

Krupnick et al. (2002) mostrano che la DAP decresce (di circa il 30%) soltanto per il gruppo d'età più anziano nel loro campione di residenti di Hamilton, di Ontario e riportano un simile andamento per un campione nazionale di residenti degli Stati Uniti, anche se in quest'ultimo caso l'effetto non è statisticamente significativo. Questi risultati hanno recentemente portato l'Office of Management and Budget ad interrompere la pratica in atto di scontare il VSL per l'età nelle analisi delle politiche fatte dagli enti governativi americani (Skrzycki, 2003). In un'applicazione successiva di Alberini et al. avente ad oggetto delle indagini effettuate nel Regno Unito, Francia e l'Italia, non si è trovata alcuna evidenza di un'associazione fra DAP e età dell'intervistato (Alberini et al., 2006).

L'effetto dello stato di salute sul VSL

Poiché il rischio di morire durante un'ondata di calore è più grande per le persone con malattie cardiovascolari e respiratorie croniche, è importante vedere se la DAP dipenda dallo stato di salute della persona. Nell'equazione (12), le persone con malattie croniche dovrebbero avere una DAP più elevata (la probabilità di morire all'età j) e una minore probabilità di sopravvivere sino ad età future. Tuttavia, non è chiaro come i termini rimanenti dell'equazione (12) dipendano dallo stato di salute. La teoria non offre previsioni circa l'effetto di uno stato di salute alterata sul VSL.

Krupnick et al. (2002) e Alberini et al. (2004) rilevano che, comunque, le persone con malattie cardiovascolari e respiratorie croniche sono disposti a pagare un pò di più, piuttosto che di meno, per ridurre il loro rischio di morire.

Questo è in forte contrasto con le pratiche adottate da alcuni enti governativi (per esempio, negli Stati Uniti, la Food and Drug Administration) e in campo medico in cui si fa riferimento al concetto di "Quality Adjusted Life Years" (QALY), in base al quale la sopravvivenza con una malattia cronica sarebbe ritenuta come meno desiderabile rispetto la sopravvivenza in salute perfetta. Allo stato attuale, esistono soltanto due studi di CV che abbiano preso in considerazione una popolazione ritenuta ad alto rischio durante le ondate di calore: l'indagine di Johannesson et al. che indaga su pazienti con ipertensione e quello di Alberini e Chiabai del 2007 che studia la DAP per ridurre i rischi di morire per cause cardiovascolari e respiratorie. Quest'ultimo è stato basato sulla popolazione generale, ma il campionamento è stato fatto in modo da includere molti anziani. Inoltre il questionario prevedeva delle domande di controllo per identificare le persone a rischio.

Periodo di latenza

Contrariamente ai metodi delle preferenze rilevate, la valutazione contingente permette al ricercatore di elicitar direttamente la DAP ora per una riduzione di rischio che avverrà in futuro. La teoria economica sostiene che se fossero disponibili le valutazioni attuariali anno per anno, la DAP ad un'età a per una riduzione del rischio che accadrà all'età $a+t$ è uguale a:

³² E' interessante notare che la forma della relazione tra età e DAP è la stessa negli studi, nonostante il fatto che essi focalizzino su tipologie di rischio completamente diverse (rischi nei trasporti nello studio di Jones-Lee e rischi che possono essere ridotti con un intervento medico nello studio di Johannesson et al.).

$$(13) \quad WTP_{a,a+t} = \pi_{a,a+t} \cdot (1 + \rho)^{-t} \cdot WTP_{a+t,a+t},$$

dove $WTP_{a,a+t}$ è la DAP all'età $a+t$ per una riduzione di rischio cominciata all'età $a+t$, e $\pi_{a,a+t}$ è la probabilità di sopravvivere dall'età a fino all'età $a+t$ (Cropper e Sussman, 1990). Poiché $\pi_{a,a+t}$ e $(1 + \rho)^{-t}$ sono minori di uno, la DAP per una riduzione del rischio futuro dovrebbe essere minore della DAP per una riduzione immediata di un rischio della stessa grandezza, se la persona avesse $(a+t)$ anni. Notiamo che il fattore di sconto reale da usare nell'equazione (13) potrebbe essere uguale al tasso di interesse del mercato o anche no, a seconda del vincolo di bilancio dell'individuo o dalle sue possibilità di accesso al credito.

Ci risulta che soltanto pochi studi hanno cercato di elicitarne la DAP per i rischi latenti. Uno di questi (Johannesson et al., 1996) stima il valore di un'estensione della speranza di vita dell'individuo quando questo raggiunge l'età di 75 anni. Gli altri studi sono stati condotti in Canada e negli Stati Uniti usando un questionario standardizzato (Krupnick et al., 2002, Alberini et al., 2006a, Alberini et al., 2006b) ed in Italia per i rischi cardiovascolari e respiratori (Alberini e Chiabai, 2007b). Questi studi hanno stimato diversi tassi di sconto, con dei risultati che vanno da circa il 2% al 8%.

Effetti della coorte sul VSL

Il cambiamento climatico è un fenomeno complesso che verrà sperimentato lungo un orizzonte temporale relativamente lungo. Gli scenari coprono un orizzonte temporale di 30 o 50 anni futuri, o arrivano addirittura oltre il ventunesimo secolo. Il valore attuale dei benefici derivanti dal salvare vite per un così lungo periodo sarebbe calcolato come:

$$(14) \quad \sum_{t=1}^T VSL_t \cdot L_t \cdot (1 + \delta)^{-t},$$

dove δ è un tasso di sconto appropriato e il VSL può cambiare con il tempo. Ci sono almeno tre ragioni per le quali il VSL potrebbe cambiare con il tempo. In primo luogo, mentre la gente diventa più ricca grazie allo sviluppo economico, sembra ragionevole credere che la loro DAP per una riduzione del rischio di morte possa aumentare. In secondo luogo, le preferenze possono cambiare col tempo ed il tasso a cui gli individui sono disposti a cedere parte del loro reddito in cambio di riduzioni di rischio possono cambiare con la crescita economica. In terzo luogo, il VSL nell'equazione (14) può riflettere la diversa distribuzione per età della popolazione. Molte di queste considerazioni, tuttavia, sono meno importanti per le politiche di adattamento, perché queste tendono a produrre benefici nel breve termine. (Bosello et al., 2007).

Riferimenti bibliografici

- Alberini, Anna and Aline Chiabai (2007a), “Urban Environmental Health and Sensitive Populations: How Much are the Italians Willing to Pay to Reduce their Risks?” *Regional Science and Urban Economics*, 37(2), 239-258.
- Alberini, Anna and Aline Chiabai (2007b), “Discount Rates in Risk versus Money and Risk versus Risk Tradeoffs,” *Risk Analysis*, 27(2), 483–498.
- Alberini, Anna, Aline Chiabai and Giuseppe Nocella (2006), “Valuing the Mortality Effects of Heat Waves,” in Bettina Menne and Kris Ebi (eds.), *Climate Change Adaptation Strategies for Europe*, Darmstadt, Germany: Springer.
- Alberini, Anna, Maureen Cropper, Tsu-Tan Fu, Alan Krupnick, Jin-Tan Liu, Daigee Shaw and Winston Harrington (1997), “Valuing Health Effects of Air Pollution in Developing Countries: The Case of Taiwan,” *Journal of Environmental Economics and Management*, 34, 107-126.
- Alberini, Anna, Maureen L. Cropper, Alan Krupnick, and Nathalie Simon (2004), “Does the Value of a Statistical Life Vary with Age and Health Status? Evidence from the U.S. and Canada,” *Journal of Environmental Economics and Management*, 48(1), 769-792.
- Alberini, Anna, Maureen Cropper, Alan Krupnick, and Nathalie B. Simon (2006), “Willingness to Pay for Mortality Risk Reductions: Does Latency Matter?” *Journal of Risk and Uncertainty*, 32, 231-245.
- Alberini, Anna, Alistair Hunt, and Anil Markandya (2006), “Willingness to Pay to Reduce Mortality Risks: Evidence from a Three-country Contingent Valuation Study,” *Environmental and Resource Economics*, 33(2), 251-264.
- Alberini, Anna and Alan Krupnick (2000), “Cost-of-Illness and WTP Estimates of the Benefits of Improved Air Quality: Evidence from Taiwan,” *Land Economics*, 76(1), 37-53.
- Alberini, Anna and Bettina Menne (2003), “Valuing the Health Effects of Climate Change,” paper presented at the Workshop on Economic Valuation of Health Effects due to Transport, Swedish National Institute of Public Health, Stockholm, Sweden, June.
- Alberini, Anna, Stefania Tonin, Margherita Turvani, and Aline Chiabai (2007), “Paying for Permanence: Public Preferences for Contaminated Site Cleanup,” *Journal of Risk and Uncertainty*, 34(2), 155-178.
- Aldy, Joseph E. and W. Kip Viscusi (2003), “Age Variations in Workers’ Value of a Statistical Life,” NBER Working Paper 10199, Cambridge, December.
- Andersson, Henrik (2005), “The Value of Safety as Revealed in the Swedish Car Market: An Application of the Hedonic Pricing Approach,” *Journal of Risk and Uncertainty*, 30(3), 211-239.
- Arabsheibani, G.R. and A. Marin (2000), “Stability of the Estimates of the Compensation for Danger,” *Journal of Risk and Uncertainty*, 20(3), 247-269.

- Atkinson, S.E., and Halvorsen, Robert (1990), "The Valuation of Risks to Life: Evidence from the Market for Automobiles," *The Review of Economics and Statistics*, 72(1), 133-136.
- Barone, Adriana and Nese, Annamaria (2002), "Rischio sul lavoro e premio salariale in Italia," *Lavoro e relazioni industriali*.
- Bateman, Ian J. et al. (2002), *Economic Valuation with Stated Preference Techniques. A Manual*, Cheltenham, UK: Edward Elgar.
- Bigano, Andrea and Francesco Pauli (2007), "Dimensioni socio-economiche, costi dell'inazione e strategie di adattamento per l'impatto del cambiamento climatico sul sistema idrogeologico italiano," paper prepared for APAT, Milan, September.
- Blomquist, Glenn (1979), "Value of Life Saving: Implications of Consumption Activity," *Journal of Political Economy*, 96(4), 675-700.
- Blomquist, Glenn (2004), "Self-Protection and Averting Behavior, Values of Statistical Lives, and Benefit Cost Analysis of Environmental Policy," *Review of Economics of the Household*, 2, 89-110.
- Bosello, Francesco, Onno Kuik, Richard Tol, and Paul Watkiss (2007), "Costs of Adaptation to climate change: a review of assessment studies with a focus on methodologies used," Ecologic—Institute for International and European Environmental Policy, Berlin.
- Braga, Alfesio L.F., Antonella Zanobetti, and Joel Schwartz (2002), "The Effects of Weather on Respiratory and Cardiovascular Deaths in 12 U.S. Cities," *Environmental Health Perspectives*, 110(9), 859-863.
- Chan, Nathan Y., Mark T. Stacey, Anne E. Smith, Kristie L. Ebi, and Thomas E. Wilson (2001), "An Empirical Mechanistic Framework for Heat-Related Illness," *Climate Research*, 16, 133-143.
- Chichilnisky, G. (1996), "An Axiomatic Approach to Sustainable Development," *Social Choice and Welfare*, 13, 231-257.
- Chilton, Susan, Judith Covey, Lorraine Hopkins, Michael Jones-Lee, Graham Loomes, Nick Pidgeon, and Anne Spencer. (2002). "Public Perceptions of Risk and Preference-based Values of Safety," *Journal of Risk and Uncertainty*, 25(3). 211-232.
- Cropper, Maureen, and Frances Sussman (1990), "Valuing Future Risks to Life," *Journal of Environmental Economics and Management*, 19, 160-174.
- Cropper, Maureen L., Sema K. Aydede and Paul R. Portney (1991), "Discounting Human Lives," *American Journal of Agricultural Economics*, 73(5), 1410-1415.
- Cropper, Maureen L., Sema K. Aydede and Paul R. Portney (1992), "Rates of Time Preference for Saving Lives," *American Journal of Agricultural Economics*, 82(2), 469-472.

- Corso, Phaedra S., James K. Hammitt, and John D. Graham (2001), "Valuing Mortality-Risk Reduction: Using Visual Aids to Improve the Validity of Contingent Valuation," *Journal of Risk and Uncertainty*, 23(2), 165-184.
- Cowell, F. and Gardiner (1999), *Welfare Weights*. Report to the Office of Fair Trading. London, OFT.
- Curto, R. and M. Simonotti (1994), "Una Stima dei Prezzi Impliciti in un Segmento del Mercato Immobiliare di Torino," *Genio Rurale*, LIX (I), 66-73.
- Davis, Robert, Paul C. Knappenberger, Patrick J. Michaels, and Wendy M. Novicoff (2003), "Changing Heat-related Mortality in the United States," *Environmental Health Perspectives*, 111(14), 1712-1718.
- Degli Esposti, E., P. Berto, P. Ruffo, S. Buda, L. Degli Esposti, and A. Sturani (2001), "The PANDORA Project: Results of the Cost of Illness Analysis," *Journal of Human Hypertension*, 15, 329-334.
- Deschênes, Olivier and Michael Greenstone (2007), "Climate Change, Mortality, and Adaptation: Evidence from Annual Fluctuations in Weather in the US," NBER working paper 13178, Cambridge, MA, June.
- Dickie, Mark and Shelby Gerking (1996), "Formation of Risk Beliefs, Joint Production and Willingness to Pay to Avoid Skin Cancer," *Review of Economics and Statistics*, 78(3), 451-463.
- Ebi, Kristie L., Thomas J. Teisberg, Laurence S. Kalkstein, Lawrence Robinson, and Rodney F. Weiher (2004), "Heat Watch/Warning Systems Save Lives: Estimated Cost and Benefits for Philadelphia 1995-98," *Bulletin of the American Meteorological Society*, August, 1-7.
- Ebi, Kristie (2006), "Floods and Human Health," in Bettina Menne and Kris Ebi (eds.), *Climate Change Adaptation Strategies for Europe*, Darmstadt, Germany: Springer.
- Fischhoff, Baruch, Paul Slovic, Sarah Lichtenstein, Stephen Read and Barbara Combs (1978), "How Safe is Safe Enough? A Psychometric Study of Attitudes towards Technological Risks and Benefits," *Policy Sciences*, 9, 127-152.
- Gegax, Douglas, Shelby Gerking, and William Schulze (1991), "Perceived Risk and the Marginal Value of Safety," *The Review of Economics and Statistics*, 73(4), 589-596.
- Grothmann T, and A. Patt, (2005), "Adaptive capacity and human cognition: The process of individual adaptation to climate change", *Global Environmental Change* 15 (3), 199-213.
- Hammitt, James K. and John D. Graham (1999). "Willingness to Pay for Health Protection: Inadequate Sensitivity to Probability?" *Journal of Risk and Uncertainty*, 8, 33-62.

- Hintermann, Beat, Anna Alberini, and Anil Markandya (2006), "Estimating the Value of Safety with Labor Market Data: Are the Results Trustworthy?" FEEM working paper 119.06, Milan, Italy, September.
- Hurley, Fintan, Alistair Hunt, Hilary Cowie, Mike Holland, Brian Miller, Stephen Pye, and Paul Watkiss (2005), *Methodology for the Cost-benefit Analysis for CAFE. Volume 2: Health Impact Assessment*, Report to the European Commission, DG Environment, AEAT/ED51014, Oxon, UK, February.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2001), IPCC, 2000. Impacts, Adaptation and Vulnerability. The Contribution of Working Group II to the Third Scientific Assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge: Cambridge University Press.
- Itaoka, Kenshi, Aya Saito, Alan Krupnick, Wiktor Adamowicz and Taketoshi Taniguchi. (2006). "The Effect of Risk Characteristics on the Willingness to Pay for Mortality Risk Reductions from Electric Power Generation," *Environmental and Resource Economics*, 33(3). 371-398.
- Johannesson, Magnus, and Per-Olov Johansson (1996), "To Be, or Not to Be, That Is the Question: An Empirical Study of the WTP for an Increased Life Expectancy at an Advanced Age," *Journal of Risk and Uncertainty*, 13, 163-174.
- Johannesson, Magnus, Per-Olov Johansson and Karl-Gustav Lofgren (1997), "On the Value of Changes in Life Expectancy: Blips Versus Parametric Changes," *Journal of Risk and Uncertainty*, 15(3), 221-239.
- Jenkins, Robin, Nicole Owen and Lanelle Wiggins (2001), "Valuing Reduced Risks to Children: The Case of Bicycle Safety Helmets," *Contemporary Economic Policy*, 19(4), 397-408.
- Jones-Lee, M.W. (1989), *The Economics of Safety and Physical Risk*, Oxford: Basil Blackwell.
- Jones-Lee, M.W. (1991), "Altruism and the Value of Other People's Safety," *Journal of Risk and Uncertainty*, 4(2).
- Jones-Lee, M.W. (1992), "Paternalistic Altruism and the Value of a Statistical Life," *The Economic Journal*, 102, 80-90.
- Kilbourne, E. M. (1997), "Heat Waves and Hot Environments," in E. K. Noji (ed.), *The Public Health Consequences of Disasters*, Oxford, UK: Oxford University Press.
- Klinenberg, Eric (2002), *Heat Wave*, Chicago: University of Chicago Press.
- Kovats, Sari (2003), "cCASHh: Estimates of Temperature-related Mortality in Italy," Report prepared for cCASHh workpackage 8, London School of Hygiene and Tropical Medicine.

- Kovats, Sari R. and Kristie L. Ebi (2006), "Heatwaves and Public Health in Europe," *The European Journal of Public Health*.
- Krupnick, Alan, Anna Alberini, Maureen Cropper, Nathalie Simon, Bernie O'Brien, Ron Goeree, and Martin Heintzelman (2002), "Age, Health and the Willingness to Pay for Mortality Risk Reductions: A Contingent Valuation Study of Ontario Residents," *Journal of Risk Uncertainty*, 24, 161-186.
- Lanoie, Paul, Carmen Pedro, Robert Latour (1995), "The Value of a Statistical Life: A Comparison of Two Approaches," *Journal of Risk and Uncertainty*, 10, 235-257
- Leigh, J. Paul (1995), "Compensating Wages, Value of a Statistical Life, and Inter-Industry Differentials," *Journal of Environmental Economics and Management*, 28(1), 83-97.
- Li, C.Z. and K.-G. Lofgren (2000), "Renewable resources and Economic Sustainability: a Dynamic Analysis with Heterogeneous Time Preferences," *Journal of Environmental Economics and Management*, 40, 236-250.
- Maddison, David and Andrea Bigano (2003), "The Amenity Value of the Italian Climate," *Journal of Environmental Economics and Management*, 45: 319-332.
- McDaniels, Timothy L., Mark S. Kamlet, and Gregory W. Fischer. (1992). "Risk Perception and the Value of Safety," *Risk Analysis*, 12. 495-503.
- McGeehin, Michael A. and Maria Mirabelli (2001), "The Potential Impacts of Climate Variability and Change on Temperature-Related Morbidity and Mortality in the United States," *Environmental Health Perspectives*, 109, Suppl. 2, 185-189.
- McGregor, Ian (2006), "Climatic Variability and Change Across Europe," in Bettina Menne and Kris Ebi (eds.), *Climate Change Adaptation Strategies for Europe*, Darmstadt, Germany: Springer.
- Medina-Ramon, Mercedes, Antonella Zanobetti, David Paul Cavanagh, and Joel Schwartz (2006), "Extreme Temperature and Mortality: Assessing Effect Modification by Personal Characteristics and Specific Cause of Death In Multi-City Case-Only Analyses," *Environmental Health Perspectives*, 114(9), 1331-1336.
- Medina-Ramon, Mercedes, and Joel Schwartz (2007), "Temperature, Temperature Extremes, and Mortality: A Study of Acclimatisation and Effect Modification in 50 US Cities," *Occupational and Environmental Medicine*, 0, 1-7.
- Michelozzi, Paola et al. (2004), "Impact of Heat Waves on Mortality-Rome, Italy, June-August 2003," Morbidity and Mortality Weekly Report, <http://www.medscape.com/viewarticle/479885>.
- Michelozzi, Paola et al. (2005), "The Impact of the Summer 2003 Heat Waves on Mortality in Four Italian Cities," *Euro Surveillance*, 10(7), 161-165.
- Mitchell, R.C. and R.T. Carson (1989), *Using Surveys to Value Public Goods: The Contingent Valuation Method*, Washington, DC: Resources for the Future.

- Moore, Thomas Gale (1998), "Health and Amenity Effects of Global Warming," *Economic Inquiry*, 471-488.
- Nicol, Fergus, Janet Rudge and Sari Kovats (2005), "Safe and Warm: Effect of Climate Change on Thermal Comfort and Health," in Sue Roaf, David Crichton and Fergus Nicol (eds), *Adapting Buildings and Cities for Climate Change*, Amsterdam: Elsevier.
- OECD (2004), *Recent Developments in Environmental Cost-benefit Analysis*, Paris, April.
- O'Neill, Marie, Antonella Zanobetti, and Joel Schwartz (2003), "Modifiers of the Temperature and Mortality Association in Seven US Cities," *American Journal of Epidemiology*, 157(12), 1074-1082.
- Pauli, Francesco and Laura Rizzi (2005), "Statistical Analysis of Temperature Impacts on Daily Hospital Admissions: Analysis of Data from Udine, Italy," *Environmetrics*, in press.
- Pearce, D. W. and D. Ulph (1999), "A Social Discount Rate for the United Kingdom," in Pearce, D.W. (ed.), *Economics and the Environment: Essays on Ecological Economics and Sustainable Development*, Cheltenham: Edward Elgar.
- Pope, C.A., M.J. Thun, M.M. Namboodiri, D. D. Dockery, J.S. Evans, F.E. Speizer, and C.W. Heath, Jr. (1995), "Particulate Air Pollution as a Predictor of Mortality in a Prospective Study of U.S. Adults," *American Journal of Respiratory Critical Care Medicine*, 151, 669-674.
- Rabl, Ari, Joseph V. Spadaro and Rob van der Zwaan (2005), "Uncertainty of Air Pollution Costs Estimates: To What Extent Does It Matter?" *Environmental Science and Technology*, 39(2), 399-408.
- Rabl, Ari and J. V. Spadaro (1999), "Damages and Costs of Air Pollution: An Analysis of the Uncertainty," *Journal of Risk and Uncertainty*, 25(1), 29-46.
- Ready, R. et al. (2004), "Benefit Transfer in Europe: How Reliable Are Transfers between Countries?" *Environmental and Resource Economics*, 29, 67-82.
- Sandy, R., and R.F. Elliott (1996), "Unions and Risk: The Impact on the Level of Compensation for Fatal Risk," *Economica* 63(250), 291-309.
- Sandy R., R.F. Elliott, W.S. Siebert, and X. Wei (2001), "Measurement Error and the Effect of Union on the Compensating Differentials for Fatal Workplace Risks," *Journal of Risk and Uncertainty*, 23(1), 33-56.
- Shepard, D.S., and R.J. Zeckhauser. (1982). "Life-Cycle Consumption and Willingness to Pay for Increased Survival. in M.W. Jones-Lee (ed.) *The Value of Life and Safety*, Amsterdam, the Netherlands: North Holland.
- Semenza, J. C., C. H. Rubin, K. H. Falter, J. D. Selanikio, W. D. Flanders, H. L. Howe, and J. L. Wilhelm (1996), "Heat-related deaths during the July 1995 heat wave in Chicago," *New England Journal of Medicine*, 335, 84-90.

- Sheridan, Scott E. and Laurence S. Kalkstein (2004), "Progress in Heat Health Watch-Warning System Technology," *Bulletin of the American Meteorological Society*, 1931-1941, December.
- Siebert, W.S. and X. Wei (1994), "Compensating Wage Differentials for Workplace Accidents: Evidence for Union and Non-union Workers in the U.K.," *Journal of Risk and Uncertainty*, 9(1), 61-76.
- Skrzycki, Cindy (2003). "Under Fire, EPA Drops the 'Senior Death Discount,'" *Washington Post*, (May 13, 2003).
- Tsuge, Takahiro, Atsuo Kishimoto, and Kenji Tekeuchi. (2005). "A Choice Experiment to the Valuation of Mortality," *Journal of Risk and Uncertainty*, 31(1). 73-95.
- US Environmental Protection Agency (2000), *Guidelines for Preparing Economic Analyses*, EPA 240-R-00-003, Washington, DC, September.
- US Environmental Protection Agency (1998), *Regulatory Impact Analysis for Ozone and Particulate National Ambient Air Quality Standards*, Washington, DC.
- US Environmental Protection Agency (1999), *The Benefits and Costs of the Clean Air Act Amendments of 1990-2010*. Report to the U.S. Congress, Washington, DC, November.
- US Environmental Protection Agency (2000), *Guidelines for Preparing Economic Analyses*, EPA-R-00-003, Washington, DC, September.
- US Environmental Protection Agency (2006), *Excessive Heat Events Guidebook*, EPA 430-B-06-005, Washington, DC: June.
- US Global Change Research Program, National Assessment Synthesis Team (2001), *Climate Change Impacts on the United States*, Cambridge: Cambridge University Press.
- US Office of Management and Budget (2004), *Informing Regulatory Decisions: 2004 Draft Report to Congress on the Costs and Benefits of Federal Regulations and Unfunded Mandates on State, Local and Tribal Entities*, Washington, DC, June.
- Vassanadumrongdee, Sujitra and Shunji Matsuoka. (2005). "Risk Perceptions and Value of a Statistical Life for Air Pollution and Traffic Accidents: Evidence from Bangkok, Thailand", *Journal of Risk and Uncertainty*, 30(3). pp 261-287.
- Viscusi, W. Kip (1993), "The Value of Risks to Life and Health," *Journal of Economic Literature*, 31(4), 1912-1946.
- Weitzman, M. L. (1998), "Why the Far Distant Future Should be Discounted at its Lowest Possible Rate," *Journal of Environmental Economics and Management*, 36, 201-208.
- Yohe, G. and M. Schlesinger (2002), "The Economic Geography of the Impacts of Climate Change," *Journal of Economic Geography*, 2, 311-341.