



ESTRATTO



IEFE



USO EFFICIENTE DELL'ENERGIA
COME RISORSA ENERGETICA: CONCETTI E
METODOLOGIE DELLA PIANIFICAZIONE INTEGRATA
DELLE RISORSE (*)

Joseph Eto (1), Marco Marengo (2) e Lorenzo Pagliano (2)

1. Premessa

All'interno del quadro di riferimento costituito dal Piano Energetico Nazionale l'uso efficiente dell'energia permane come uno degli obiettivi strategici della politica energetica del nostro Paese, nonostante l'attuale fase di basso prezzo delle materie prime energetiche, per le sue note ricadute positive su ambiente, occupazione, indipendenza energetica. Inoltre a seguito di una mozione approvata dal Parlamento il 21 marzo 1990 il Comitato dei Ministri ha approvato (febbraio 1994) un documento riguardante la stabilizzazione delle emissioni di CO₂ entro il 2000 ai livelli del 1990. Allo stesso modo nell'Unione Europea l'obiettivo della stabilizzazione delle emissioni di gas climalteranti è accompagnato da numerosi programmi che promuovono l'uso delle fonti rinnovabili e le attività di risparmio energetico. Il programma Save promuove l'utilizzo di strumenti di pianificazione dell'energia e di finanziamento del risparmio energetico relativamente nuovi o poco utilizzati nel contesto europeo. Nel seguito intendiamo esplorare queste metodologie, alcuni importanti casi di applicazione principalmente negli Stati Uniti ed infine discutere la trasferibilità al contesto italiano.

* Parte di questo rapporto è stato prodotto nell'ambito della redazione del Piano Energetico della Regione Lombardia, realizzato da Lombardia Risorse. Costituisce anche il frutto di un periodo di ricerca di uno degli autori (L.P) con il prof. J. Eto presso il Lawrence Berkeley Laboratory del D.O.E. degli Stati Uniti, progettato in collaborazione con l'Istituto di Ricerche Ambiente Italia e con il Prof. Pedrocchi del Dipartimento di Energetica.

1. Center for Building Science, Lawrence Berkeley Laboratory, University of California, Usa.

2. Dipartimento di Energetica, Politecnico di Milano.

Economia delle fonti di energia e dell'ambiente n. 2, 1994

2. Pianificazione integrata delle risorse

2.1. Le risorse sul lato gestione della domanda

La pianificazione integrata delle risorse (Integrated Resource Planning, IRP) o pianificazione a costo minimo (Least Cost Planning, LCP) muove dal riconoscimento dell'esistenza e dell'interesse economico di risorse energetiche sul lato gestione della domanda oltreché quelle classiche sul lato offerta o produzione di energia. Si possono definire le «risorse sul lato domanda» o Demand Side Resources, come quelle *opportunità (tecnologiche o operative) per incrementare l'efficienza della fornitura di servizi energetici di cui il mercato non riesce a trarre vantaggio se non parzialmente, benché esse siano convenienti dal punto di vista economico*. L'obiettivo è quello di quantificare l'ammontare di queste risorse, i loro costi, la loro affidabilità e rischi, i loro effetti ambientali per poterle confrontare con le risorse sul lato produzione. Entrambe vengono poi integrate in un piano che risponda alla evoluzione prevista della domanda di energia e si sappia adattare alle deviazioni da questa previsione.

Per fare uso delle risorse lato domanda sono stati realizzati, soprattutto negli Usa, programmi speciali (Demand Side Management programs, che chiameremo d'ora innanzi Dsm programs). Senza questi programmi, questi risparmi non si sarebbero realizzati, o si sarebbero realizzati con ritardo, ed in ogni caso non si sarebbe potuto *contare* su di essi. L'impossibilità di fare affidamento certo su queste risorse avrebbe forzato gli enti produttori e/o distributori di energia (3) a costruire potenza di riserva addizionale, con incremento di tariffe agli utenti.

L'intelaiatura analitica, i concetti ed i metodi del Dsm sono stati sviluppati negli Usa a partire dagli anni '80 in risposta ai problemi incontrati dalle Utilities elettriche in relazione agli alti costi, i problemi ambientali, ed i vincoli di localizzazione per i nuovi impianti di produzione. Attualmente negli Usa (Vine & Crawley, 1991) (Roodman, 1993) (Krause, 1993):

- più di 500 utilities sono impegnate in attività di DSM con circa 1400 programmi;
- la spesa annuale è passata dai 900 milioni di \$ nel 1989 ai 2,3 miliardi nel 1992, costituendo una quota variabile tra l'1 ed il 5% degli introiti delle Utilities coinvolte;

3. Per brevità e per uniformità con la letteratura internazionale indicheremo d'ora innanzi un ente produttore e/o distributori di energia col termine Utility.

- le utilities prevedono di coprire dal 10 al 75% della crescita di carico con DSM; per esempio la Pacific Gas and Electric Company (4) progetta di differire la costruzione di 2500 MW di domanda attesa attraverso un maggiore impegno nel DSM entro il 2000; la nuova potenza elettrica prevista nel piano dei quattro stati del Nordovest è costituita per 1500 MW da azioni di risparmio e per 800 MW da idroelettrico e cogenerazione.

In Europa alcuni stati, soprattutto del nord, stanno perseguendo interessanti programmi di Dsm (Danimarca, Olanda, Germania, Paesi Scandinavi).

2.2. Il quadro normativo ed istituzionale americano nel settore elettrico

Negli Stati Uniti il processo di pianificazione delle risorse nel campo della produzione elettrica coinvolge sempre attivamente almeno due tipi di attori: le compagnie di produzione e distribuzione, che sono per la maggior parte private, e l'ente governativo di controllo, denominato Public Utility Commission (Puc), una per ogni stato. Questi enti controllori, generalmente dotati di un notevole staff tecnico, hanno lo scopo di limitare il grande potere che viene alle utilities dal fatto di esercitare il monopolio della distribuzione di energia elettrica nel territorio di loro competenza. Ad esempio le Puc controllano le tariffe praticate dalle compagnie. Queste vengono determinate attraverso un'analisi rigorosa delle spese incorse in un certo anno (combustibile, personale, ammortamento impianti, tasse etc.) cui viene sommato l'utile di impresa; il totale viene denominato «richiesta di introiti» e la utility lo raccoglie attraverso le bollette. Il tasso di interesse massimo da passare agli azionisti viene determinato dalla Puc, come pure l'ammissibilità delle spese. Poiché la costruzione di nuovi impianti comportando nuove spese per la compagnia produce anche un aumento delle tariffe agli utenti, i piani di espansione della potenza installata sono soggetti ad una vivace procedura di dibattito-negoziazione ed all'approvazione finale della Puc. Entro questo quadro la compagnia si muove con lo scopo usuale di massimizzare i suoi profitti.

I dettagli della regolamentazione variano da stato a stato. California e Wisconsin fin dal 1975 stabilirono obiettivi di conservazione dell'e-

4. Verrà indicata nel seguito con la sigla PG&E; è una delle maggiori compagnie elettriche americane e serve una larga porzione della California con baricentro su San Francisco.

nergia e di miglioramento della curva di carico; vennero stabilite anche penali ed incentivi (nel 1980 ed '81 PG&E ha dovuto pagare 14 milioni di \$ di multa per non aver attivato un numero sufficiente di contratti con produttori indipendenti, mentre Southern California Edison nel 1982 ha ricevuto 5 milioni di \$ per aver superato l'obiettivo di risparmio stabilito dalla commissione statale).

Durante gli ultimi anni il processo di pianificazione delle risorse da parte delle Utilities elettriche e delle Puc ha espanso notevolmente il proprio scopo ed ha coinvolto nuovi attori. Il nuovo modo di pianificare viene identificato col termine Pianificazione Integrata delle Risorse ed ha lo scopo di valutare in modo omogeneo, in un unico quadro, una varietà di risorse sul lato domanda oltreché sul lato produzione al fine di soddisfare le necessità energetiche degli utenti al minimo costo. Per questo la procedura è anche nota col termine Pianificazione a Costi Minimi.

Caratteristiche chiave del processo includono:

1. la considerazione esplicita di programmi per il risparmio di energia ed il controllo della domanda di potenza, contemporaneamente alla considerazione di progetti di nuovi impianti di produzione;
2. la considerazione dei costi ambientali esterni oltreché dei costi diretti della produzione di energia;
3. la partecipazione di esperti energetici non appartenenti alle Utilities e del pubblico, organizzato sotto forma di associazioni dei consumatori o di gruppi ambientalisti, etc.;
4. l'analisi delle incertezze e dei rischi connessi con differenti scelte del mix di risorse e con l'evoluzione di fattori esterni.

Il primo ente ad introdurre il concetto innovativo di equiparazione tra interventi di risparmio e produzione è stato il Northwest Power Planning Council, che riunisce le utilities dei quattro stati dell'angolo nordovest degli Usa. Un forte impulso è venuto da enti regolativi e di ricerca della California. Questa pratica ha ricevuto una legittimazione ufficiale quando la National Association of Regulatory Utility Commissioners ha raccomandato nel 1984 che la «determinazione di nuovi impianti debba avvenire sulla base di un programma di Least Cost che valuti ed incorpori tutti gli interventi di risparmio, gestione della curva di carico e di fonti energetiche alternative che risultino economicamente validi».

Il numero di stati in cui viene applicata la Irp nel comparto elettrico è passato da 14 nel 1989 a 30 nel '93, e cambiamenti simili iniziano ad interessare le Utilities del gas (Roodman, 1993). Tra gli stati che

maggiormente resistono all'adozione di questa metodologia e di misure di risparmio energetico vi sono quelli forti produttori di materie prime energetiche, come il Texas, in cui una parte consistente del prodotto lordo nazionale e dell'occupazione dipendono dall'estrazione di petrolio e carbone. All'estremo opposto l'Italia, data la sua alta dipendenza dall'estero per l'approvvigionamento di energia, potrebbe avere grande interesse ad unirsi, anche in modo innovativo, ai paesi che praticano l'Irp.

Il nuovo Energy Policy Act dell'ottobre 1992 richiede a tutti gli stati Usa di prendere in considerazione questa metodologia di pianificazione, spingendo anche i più lenti ad adeguarsi.

Come abbiamo accennato il processo comprende l'analisi delle incertezze e dei rischi connessi a diversi scenari. Incertezze di valutazione sono presenti sia per quanto riguarda le risorse sul lato dell'offerta/produzione che su quello della domanda.

Sul lato offerta si possono elencare tra i fattori la cui valutazione risulta più critica:

- economie e diseconomie di scala;
- incertezze nei tempi di costruzione e relativo aumento dei costi;
- affidabilità e disponibilità degli impianti;
- andamento dei prezzi dei combustibili;
- andamento della domanda di energia e della curva di carico (potenza);
- impatto ambientale e sua quantificazione monetaria (in alcuni stati come NY è già usato nella selezione dei progetti da parte della public utility commission);
- altri costi esterni;

mentre sul lato domanda gli sforzi di previsione e di valutazione sui programmi di DSM finora condotti a termine si concentrano su:

- stima o misura dei risparmi di energia effettivamente conseguiti tramite programmi di Dsm;
- impatto sulla curva di carico;
- tasso di partecipazione degli utenti (direttamente coinvolti nel programma oppure partecipanti per imitazione, senza che vengano forniti loro incentivi (5));

5. Nel gergo del Dsm questi ultimi vengono chiamati *free drivers*, in contrapposizione ai *free riders*, cioè coloro che avrebbero effettuato comunque l'investimento in una tecnologia ad alta efficienza, anche in assenza del programma, ma approfittando dell'esistenza del programma per ricevere i benefici.

- persistenza dei risparmi (a volte misurabile direttamente: per esempio in un recente contratto tra la Boneville Power Administration e una compagnia di servizi energetici, i pagamenti dell'energia conservata saranno subordinati a controlli annuali sulla permanenza in luogo delle fluorescenti installate o sulla persistenza della riduzione dei consumi misurati dal contatore durante i prossimi 12-17 anni);
- effetti sulle bollette degli utenti partecipanti e non partecipanti ai programmi di risparmio.

Ci si occuperà qui maggiormente del *demand side* non perché abbia un'importanza maggiore ma per i suoi aspetti di novità rispetto alla pianificazione tradizionale. In particolare occorre discutere dei motivi per cui occorrono programmi specifici per attuare il potenziale di risparmio che le nuove tecnologie mettono a disposizione, del perché questo potenziale non venga sfruttato dai singoli consumatori in base alla sua convenienza economica. In sostanza occorre preliminarmente mostrare che le risorse sul lato domanda esistono, secondo la definizione datane sopra.

2.3. Il modello economico classico

Un dispositivo di utilizzo dell'energia ad alta efficienza ha generalmente un costo capitale maggiore rispetto ad un dispositivo meno efficiente, ma consente risparmi economici per quanto riguarda il consumo di energia e a volte anche per la manutenzione. Ciò si può tradurre in una riduzione della spesa totale (capitale più operazione e manutenzione) durante il ciclo di vita del dispositivo. Si può quindi interpretare l'acquisto del dispositivo come un investimento iniziale che viene più che ripagato dai risparmi conseguiti e che anzi consente un guadagno economico (esprimibile attraverso un tasso di interesse) rispetto all'investimento in un dispositivo che fornisca lo stesso servizio con maggior consumo di energia.

Secondo il modello di un'economia di mercato perfettamente funzionante, i consumatori investiranno in conservazione dell'energia e controllo della curva di carico motivati dal loro proprio interesse e sceglieranno tutti gli investimenti in dispositivi più efficienti che diano loro un tasso di interesse migliore di quello ottenibile da altre forme di investimento comunemente disponibili (BOT, CCT, fondi di investimento, etc.).

Questo modello ha forgiato la visione tradizionale del settore energetico. Secondo questa visione l'esistenza di inefficienze sul lato domanda è dovuta a segnali di prezzo scorretti.

In altre parole il prezzo dell'energia agli utenti non rispecchia correttamente i costi di produzione per una serie di cause tra cui:

- il mancato conteggio delle esternalità (anche a causa della difficoltà di quantificare in termini economici i danni ambientali);
- l'esistenza di sussidi per alcune fasce di consumo (le cosiddette tariffe sociali per i consumi più bassi, tariffe particolari per determinati settori industriali, etc.);
- insufficiente competizione tra produttori di energia elettrica;
- impedimenti ad una tariffazione basata sui costi marginali, proprie dei complicati meccanismi di formazione delle tariffe, per esempio nel settore elettrico (in Italia il tentativo di avvicinare le tariffe ai costi marginali di produzione è relativamente recente).

Da questo punto di vista il tipo di programmi necessari a mobilitare investimenti verso il risparmio energetico consistono essenzialmente in tariffe che rispecchino i costi marginali di produzione e tariffe differenziate per fasce orarie che scoraggino la domanda durante le ore di picco. Implicita in questo approccio è l'assunzione che imperfezioni o barriere di mercato siano trascurabili o riguardino solo un numero limitato di attori.

2.4. *Efficiency gap*

Dunque in un mercato correttamente funzionante tutte le opportunità di risparmio energetico che siano attraenti anche dal punto di vista economico vengono automaticamente colte dai singoli attori senza necessità di programmi particolari da parte dello stato, delle utilities o di altri enti. Lo stesso concetto di risorse sul lato domanda viene meno.

Un certo numero di studi (Blumstein, Krieg, York, & Schipper, 1980; Stern & Aronson, 1984) hanno viceversa concluso che la diffusione di tecnologie efficienti è fortemente impedita da molti altri fattori oltreché dalla distorsione dei prezzi, in particolare barriere istituzionali, accesso limitato al credito ed all'informazione, percezione dei rischi, scomodità.

Ne risulta che vi è una grande *differenza di efficienza* tra il nuovo investimento medio e la migliore tecnologia disponibile sul mercato e conveniente dal punto di vista economico, come appare evidente

da una serie di attività di pianificazione e programmi DSM (negli Usa, UK, Danimarca, Olanda e Germania). Una lunga serie di tecnologie nuove o drasticamente migliorate negli ultimi tre anni sono state considerate in questi studi ed in molti casi promosse attraverso appositi programmi.

Nel settore residenziale elettrodomestici ad alta efficienza (in particolare frigoriferi), riduttori di flusso ed aeratori per ridurre i consumi di acqua calda sanitaria a parità di servizio, lampade fluorescenti compatte, caldaie ad alta efficienza, interventi sull'isolamento dell'involucro e vetri doppi basso emissivi.

Nel terziario gli interventi sull'illuminazione sono particolarmente promettenti, pur muovendo da una situazione ad efficienza più alta che nel domestico. Lampade fluorescenti a diametro ridotto e migliore resa di colore, alimentazione elettronica ad alta frequenza in luogo dei reattori elettromagnetici, riflettori speculari e a geometria ottimizzata, lampade alogene con filtri per la radiazione infrarossa, deviatori e diffusori della luce naturale verso l'interno dell'edificio sono alcune delle opzioni più interessanti. Queste vengono accompagnate da numerose possibilità di controllo (dai più tradizionali temporizzatori e sensori di occupazione a sistemi che attenuano l'illuminazione delle zone periferiche quando è disponibile illuminazione naturale; per esempio l'uso di questi sistemi di controllo ha consentito risparmi del 50-70% rispetto ad una zona di controllo in un edificio per uffici in California (Mills, comunicazione personale 1993). Macchine per ufficio (stampanti, computer, fax, fotocopiatrici) a basso consumo, un'accurata progettazione degli impianti di condizionamento, vetri basso emissivi altamente selettivi (filtrano quasi totalmente la componente infrarossa pur mantenendo un'ottima trasparenza alle frequenze del visibile), sono altre opzioni comunemente considerate.

Nel settore industriale, oltre ad interventi specifici di ogni ramo produttivo molta enfasi viene posta sui motori elettrici ad alta efficienza, cinghie di trasmissione a bassa dissipazione, controllo elettronico della velocità sui motori per pompaggio al posto di valvole di strozzamento, riduzione dell'attrito nelle tubazioni.

2.5. Costo dell'energia risparmiata

La convenienza economica delle opportunità di aumento dell'efficienza può essere valutata da diverse prospettive (tempo di ritorno del-

l'investimento, valore attuale netto, etc.). Nell'Irp è generalizzato l'uso del indicatore Costo dell'Energia Risparmiata (CER), definito come:

$$\text{CER} = \frac{(\text{investimento iniziale} \times \text{fattore di recupero del capitale}) + \text{variazione di costi per O\&M}}{\text{risparmio di energia annuo}}$$

L'investimento capitale iniziale può essere costituito dal costo pieno di una misura di risparmio o dal suo extracosto rispetto ad un dispositivo di efficienza media. Per esempio nel caso di misure a sè stanti come regolatori elettronici di velocità o accumuli termici viene usato il costo pieno della misura; per misure che sono costituite da un miglioramento di efficienza rispetto al dispositivo medio dello stock esistente si considera l'incremento di costo del modello più efficiente rispetto al modello medio.

Il fattore di recupero del capitale ripartisce l'investimento capitale iniziale in un numero di anni n pari al tempo di vita del dispositivo ad alta efficienza in questione, tenendo conto del tasso di interesse. La spesa capitale iniziale viene ripartita in n somme uguali, una per ognuno degli anni di vita, in modo tale che il valore attuale di questi serie di pagamenti calcolato all'anno zero sia pari al capitale investito. Occorre discutere e specificare la scelta del tasso di interesse che risulta generalmente diverso a seconda del punto di vista: singolo consumatore, Utility, società nel suo complesso. Sul valore da assegnare al tasso sociale di sconto esistono interpretazioni notevolmente divergenti.

I costi annuali di operazione e manutenzione (6) (spese di personale, materiali di consumo) generalmente cambiano con l'introduzione del dispositivo ad alta efficienza. Per esempio la sostituzione di lampade a incandescenza o alogene con fluorescenti in un ufficio riduce i costi di manutenzione a causa della maggiore durata di queste ultime. La somma delle spese annue di O&M e della quota annua di recupero del capitale costituisce la spesa totale annua. Dividendola per il risparmio di energia relativo ad un anno si ottiene il costo dell'unità di energia risparmiata.

L'indicatore costo dell'energia risparmiata è espresso nelle stesse unità di un prezzo o costo dell'energia (£/kWh o £/MJ) e quindi consente confronti immediati con le risorse sul lato produzione di energia. Inoltre esso risulta (a differenza di altri come il tempo di ritorno) indipendente da qualsiasi assunzione rispetto all'andamento

6. Che indicheremo con la sigla O&M.

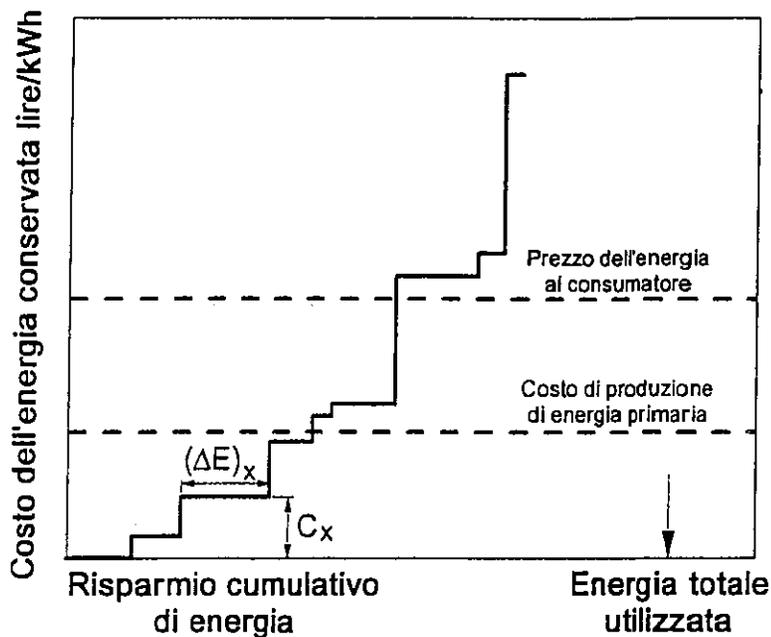


Fig. 1 - Curva schematica del Costo dell'Energia Risparmiata (CER). L'attivazione di una misura x comporterà il risparmio di una quantità di energia ΔE_x con un costo per unità di energia conservata C_x .

dei costi dei combustibili e dell'elettricità. Può venire espresso in lire correnti (se si utilizza un tasso di sconto nominale, cioè inclusivo dell'inflazione) o in lire reali di un anno scelto come riferimento (se si utilizza il tasso di sconto reale, depurato dell'inflazione).

In base a questo indice le risorse lato domanda possono essere ordinate secondo costi crescenti dell'energia. Se è nota o stimata attraverso energy audits e simulazioni la quota di energia attribuibile ai diversi usi finali è possibile calcolare la quantità di energia risparmiabile attraverso la penetrazione completa (potenziale tecnico di risparmio) o parziale delle nuove tecnologie ad alta efficienza. I due dati (costo dell'energia conservata e potenziale di risparmio) vengono poi rappresentati su diagrammi per fornire un quadro sintetico delle risorse disponibili sul lato domanda. Si veda la fig. 1 in cui ogni segmento orizzontale rappresenta una particolare misura analizzata; l'intervento x (per esempio l'introduzione di motori ad alta efficienza) consente di risparmiare una quantità E_x ad un costo

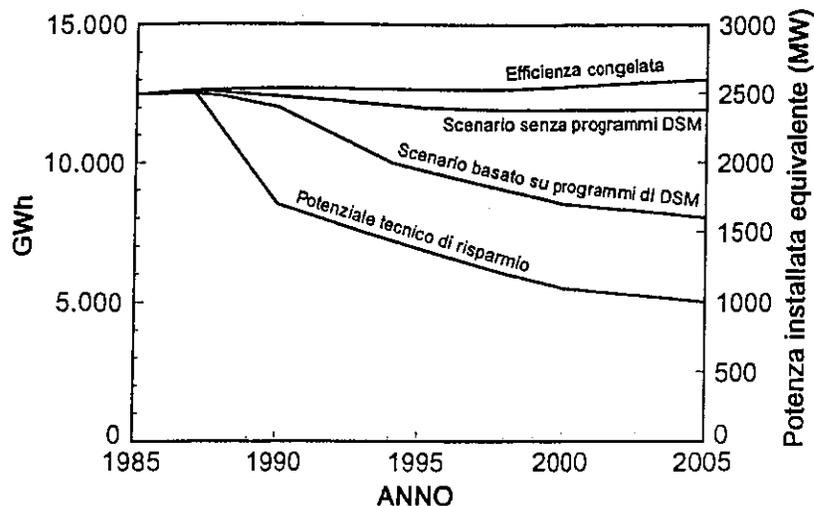


Fig. 2 - Risorse sul lato domanda nel settore residenziale del Michigan, 1985-2005
Fonte: Krause, et. al. 1987.

Cx. Sull'asse delle ascisse viene riportata la quantità cumulativa di energia risparmiata.

Lo stesso procedimento può essere applicato ai risparmi di domanda di potenza di picco invernale ed estiva conseguenti all'introduzione delle nuove tecnologie.

Come esempio riportiamo uno studio effettuato per lo stato del Michigan (Krause, Rosenfeld, Levine, Brown, Connell, Dupont, *et al.*, 1987). Nella fig. 2 sono riportate diverse curve nel diagramma di evoluzione dei consumi elettrici del settore residenziale:

- efficienza congelata: in questo scenario l'efficienza negli usi finali dell'energia viene mantenuta costante al livello dell'anno di riferimento e la crescita dei consumi è guidata dall'aumento del numero di edifici, crescita di reddito individuale, livelli di penetrazione e saturazione delle apparecchiature;
- *business as usual* o scenario senza programmi di Dsm: l'efficienza aumenta secondo il trend degli anni precedenti e secondo altri fattori noti, come l'introduzione di standard di efficienza;
- «program based scenario» (programma per l'uso efficiente) in cui le utilities o altri attori implementano programmi per accelerare l'adozione di tecnologie più efficienti sul lato della domanda;

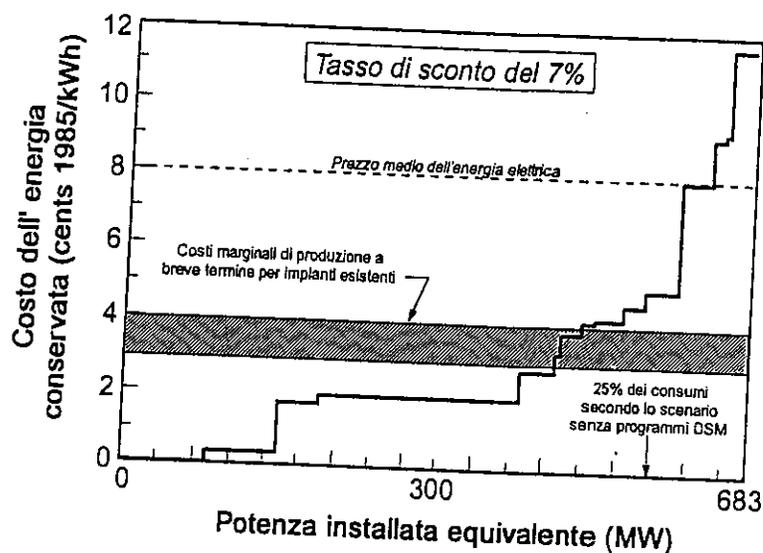


Fig. 3 - Curva dei risparmi elettrici annuali nel settore Residenziale nel Michigan, anno 2005
 Fonte: Krause et al., 1987.

- scenario con cattura di tutto il potenziale tecnico di risparmio: mostra l'evoluzione della domanda se ad ogni sostituzione di dispositivo o nuova costruzione di edificio o impianto venissero adottate le soluzioni più efficienti sul mercato.

Nella fig. 3 che riporta costi e potenziale di risparmio attivabile con programmi di Dsm (circa il 50% del potenziale tecnico) per le singole tecnologie vengono riportati per confronto il *costo marginale a breve* di produzione dell'energia negli impianti esistenti (sostanzialmente costituito da spese di combustibile e O&M) e il prezzo medio dell'energia ai consumatori finali nel settore residenziale. Un altro valore di confronto molto importante ed utilizzato dagli organismi di controllo è il *costo evitato* di produzione; in caso di domanda di energia in espansione questo costo include gli oneri finanziari connessi alla realizzazione di nuovi impianti di produzione, trasmissione e distribuzione per il soddisfacimento della domanda aggiuntiva e risulta generalmente significativamente maggiore dei costi marginali a breve e del costo medio di produzione del sistema elettrico.

Gli autori giungono alle seguenti conclusioni:

- il potenziale tecnico mostra la possibilità di un consumo inferiore del 55% rispetto alle previsioni convenzionali al 2005;

- almeno la metà potrebbe affidabilmente essere catturato da programmi di incentivazione da parte delle utilities (senza considerare il passaggio da energia elettrica a gas naturale per certi usi finali);
- l'85-90% del potenziale tecnico potrebbe essere raccolto attraverso programmi più aggressivi come l'installazione diretta a costo zero per i consumatori (Hirst, 1989);
- per una larga parte delle misure l'energia conservata costa meno dei soli costi di combustibile e O&M delle centrali esistenti (costi marginali a breve termine).

Malgrado l'estremo interesse economico delle opportunità di risparmio energetico esplorate da questi piani, risulta evidente dai trend attuali che la maggior parte dei consumatori non sta acquistando le migliori tecnologie disponibili, né lo farà più rapidamente nel futuro.

2.6. Payback gap e tassi di interesse impliciti

Indagini di questo tipo hanno anche messo in evidenza l'esistenza di una discrepanza tra il comportamento economico dei consumatori e dei fornitori di energia. Secondo estese analisi dei comportamenti dei consumatori, questi non risultano motivati all'acquisto amenoché il payback time (PT) non sia molto breve (6 mesi-3 anni); utenti commerciali ed industriali spesso richiedono PT anche più brevi, fino ad un mese. La scelta di tempi di ritorno dell'investimento molto brevi viene effettuata anche quando investimenti con un PT più lungo potrebbero fornire una prestazione migliore dal punto di vista energetico ed economico nel corso del loro ciclo di vita.

Questo forza le utilities ad investire in risorse sul lato produzione; gli investimenti delle utilities, d'altro canto, sono basati su una pianificazione a lungo termine (15-20 anni) con tassi di interesse reali del 5-7% sul proprio capitale e del 2-4% sugli investimenti finanziati con debiti.

È possibile calcolare qual è il tasso di interesse reale implicitamente usato da un utente che richiede un certo tempo di ritorno ad un investimento in un'apparecchiatura che fornisce lo stesso servizio con consumi ridotti (Aa.Vv., 1987). Se per esempio viene richiesto un PT di 3 anni per l'investimento in un'apparecchiatura che ha una vita prevista di 10 anni, si sta implicitamente richiedendo un tasso di interesse reale del 37,5% annuo. Questo non deve stupire poiché alla fine dei 3 anni di PT, l'apparecchiatura continua a funzionare per altri 7 anni garantendo un risparmio di energia e quindi un guadagno economico annuo piuttosto consistente, visto che è stato sufficiente a ripagare il capitale in soli 3 anni. Altri valori di tassi impliciti possono essere letti dalla tab. 1. Per un apparecchio con una vita utile di 20 anni

Tab. 1 - Tassi di interesse impliciti reali (%/anno)

Tempo di ritorno (anni)	Vita economica dell'investimento (anni)							
	3	5	7	10	15	20	25	30
1	146.5	159.8	161.5	161.8	161.8	161.8	161.8	161.8
1½	64.8	87.3	91.2	92.3	92.5	92.5	92.5	92.5
2	33.5	55.5	61.3	63.5	64.0	64.0	64.0	64.0
2½	13.3	37.2	44.4	47.6	48.6	48.8	48.8	48.8
3	0.0	25.1	33.4	37.5	39.0	39.3	39.3	39.3
4		9.7	19.4	24.9	27.5	28.1	28.3	28.3
5		0.0	10.7	17.2	20.7	21.6	21.9	22.0
6			4.6	11.9	16.0	17.3	17.8	18.0
7			0.0	7.9	12.6	14.2	14.8	15.1
8				4.7	9.9	11.8	12.6	12.9
9				2.2	7.8	9.9	10.8	11.2
10				0.0	6.0	8.3	9.3	9.9
12					3.1	5.8	7.1	7.7
15					0.0	3.1	4.6	5.5
20						0.0	1.9	3.0

Fonte: Plunkett (1988).

richiedere un Payback Time di 2 anni coincide con la richiesta di un tasso di interesse del 64%. Per un apparecchio con una vita di 10 anni, richiedere un PT di 5 anni significa pretendere un tasso reale del 17%; un PT di 7 anni corrisponde ad un ragionevole 8%.

Lo squilibrio delle richieste sui tempi di ritorno (payback gap) porta la società a privilegiare gli investimenti sul lato produzione di energia rispetto a quelli sul lato dell'utilizzo efficiente.

Una indagine svolta in Danimarca, Svezia e Olanda sulla attitudine dei consumatori all'acquisto di lampade compatte fluorescenti (Cfl) avvalorava empiricamente il basso impatto che i prezzi dell'energia possono avere nel breve termine sulle scelte di investimento. Benché in Danimarca il prezzo dell'energia elettrica agli utenti residenziali sia circa doppio che in Svezia, l'attitudine all'acquisto delle lampade in funzione del loro prezzo ha un andamento molto simile ed in particolare aumenta rapidamente quando il prezzo scende a circa 10-15 \$, il che con un prezzo dell'energia di 15 c/kWh corrisponde ad un PT di 1-1,5 anni.

La conclusione di molti ricercatori è che una politica per il risparmio basata *soltanto* sulle tariffe sarebbe inefficace, se non fosse combinata con programmi rivolti ad attenuare le barriere istituzionali e di mercato incontrate dal consumatore. Solo una volta rimosse queste barriere, i prezzi dell'energia possono realmente influenzare le scelte dei consumatori/investitori e l'aderenza di prezzi e tariffe ai costi marginali di produzione diventa un segnale utile.

2.7. Barriere di mercato ed istituzionali

La scarsa propensione degli utilizzatori di energia ad investire in dispositivi ad alta efficienza risulta dovuta alla presenza di una serie di barriere di mercato ed istituzionali (California Energy Commission, 1987; J. Mac Mahon, 1993; (Aa.Vv., 1992) (Krause & Eto, 1988)). Queste sono di tipo differente a seconda del gruppo di consumatori e degli usi finali, ma i loro effetti sui tassi di sconto impliciti sono assai simili e di dimensioni paragonabili. Si possono distinguere i seguenti fattori:

- *Incentivi divisi*. Quando utilizzatore e proprietario di un edificio non sono la stessa persona, il primo paga le spese connesse all'uso dell'energia ed il secondo quelle relative al livello di efficienza dell'edificio e degli impianti e gli interessi di questi due attori rispetto ai costi di gestione e di capitale divergono; la stessa situazione si verifica tra acquirente e costruttore di un edificio. Anche in assenza di questi fattori, l'utilizzatore dell'energia, anche se è proprietario, non effettuerà interventi di razionalizzazione energetica se non è certo del suo tempo di permanenza nell'edificio.

- *Accesso limitato al credito*. Gli utilizzatori di energia possono anche confrontarsi con un accesso limitato al credito o sentirsi economicamente esposti nell'eventualità di immobilizzare un capitale in un dispositivo fisico con un lungo tempo di ritorno dell'investimento.

- *Alti costi di informazione e transazione*. Per il singolo utente effettuare una ricerca sulla disponibilità di nuove tecnologie, per giudicarne l'affidabilità e le prestazioni al di là delle informazioni provenienti dal venditore, per trovare progettisti e installatori affidabili, può costituire un costo di transazione ed informazione piuttosto elevato, ed un notevole impegno di tempo.

- *Razionalità non economica del consumatore*. I consumatori spesso non seguono la stretta razionalità economica, ma scelgono anche in base a criteri estetici, mode, influenza del proprio gruppo sociale, grado di fiducia nelle proprie fonti di informazione.

- *Effetto di rincorsa*. A causa del payback gap, i produttori sono scarsamente incentivati a produrre dispositivi ad alta efficienza, perché questo non costituisce un vantaggio sul mercato, ma anzi il maggiore investimento iniziale può scoraggiare l'acquirente.

- *Costi nascosti ma irriducibili*. Ad esempio rischi tecnologici reali e non soltanto percepiti per scarsa informazione (incertezza sulla durata e prestazioni del dispositivo) oppure perdita di comodità o comfort. La riduzione di comfort può anche essere soltanto illusoria e basata su informazioni incomplete o relative a precedenti versioni della tecnologia (si vedano i miglioramenti nella resa cromatica, tempi di accensione, sfarfallio nelle lampade fluorescenti attuali rispetto alle tecnologie precedenti).

3. Alcuni strumenti per la riduzione/rimozione delle barriere di mercato

3.1. *Third party financing (finanziamento da parte di terzi)*

Un modo efficace per ridurre la barriera costituita dall'accesso limitato al capitale da parte del consumatore (residenziale, commerciale, industriale o pubblica amministrazione) è costituita dall'ormai sperimentatissimo finanziamento da parte di terzi. In questa modalità una compagnia di servizi energetici (Energy Service Company - Esco -, generalmente privata, a volte consociata con una utility elettrica o del gas) anticipa il capitale per il *retrofit* e si ripaga capitale e guadagno d'impresa con il risparmio di energia prodotto dall'intervento.

A febbraio 1993 il Dipartimento per l'Energia Usa ha annunciato un contratto con una Esco per il retrofit dell'illuminazione del palazzo del Doe a Washington (riduzione consumi di circa il 60%, cioè 340000 \$/anno di energia elettrica risparmiata) attraverso l'installazione di nuove lampade fluorescenti a più alta efficienza, alimentazione elettronica, riflettori speculari. Il contratto richiede anche che la Esco mantenga specificati livelli di illuminamento e di risparmio per un periodo di 7 anni. Si tratta di un contratto di condivisione del risparmio o *shared savings* (si attendono risparmi di 1 milione di dollari a testa per Doe e la Esco che attua l'intervento). Il finanziamento viene in parte (1 milione di \$) da incentivi della locale Utility elettrica. La spesa per il Doe consiste solo nell'installazione di strumenti di misura e nelle attività di valutazione delle prestazioni dell'impianto (Aa.Vv., 1993). È in atto una campagna di interventi negli edifici federali in tutto il paese.

In Francia attività di questo tipo per il retrofit termico degli edifici sono assai diffuse.

In Italia viceversa il finanziamento da parte di terzi è un concetto relativamente nuovo e raramente praticato. Uno dei pochi esempi è costituito da un intervento nel comune di Rivoli. A seguito di una gara indetta dal comune, la compagnia di gestione del calore vincitrice ha effettuato a sue spese la sostituzione delle vecchie caldaie a gasolio con nuove caldaie pressurizzate ad alto rendimento, alimentate a metano, ed ha installato nuovi cogeneratori Totem controllati a distanza tramite linea telefonica. Questi producono circa 415000 kWh/anno ed il surplus elettrico viene ceduto all'Enel secondo il costo evitato come da art. 20 della legge 9/91 e successivi decreti Cip.

I dati sintetici dell'operazione sono:

- nessuna spesa di capitale da parte del Comune; il rischio viene sostenuto dall'installatore;
- risparmio economico previsto 108 milioni di lire/anno su 365 (-30%);
- riduzione della bolletta energetica del Comune di 20 milioni/anno per 9 anni;
- proprietà dell'impianto (e l'intero risparmio) al comune al decimo anno.

3.2. *Incentivazione del risparmio da parte delle utilities*

In molte regioni degli Stati Uniti le Utilities elettriche sono diventate i maggiori sponsor del risparmio energetico, avendo sorpassato il governo e le amministrazioni locali (che si trovano ad affrontare riduzioni di budget) e il mercato privato delle Energy Service Companies -Escos- (che è rallentato dai bassi prezzi delle materie prime energetiche).

Tentiamo di seguito una classificazione delle tipologie di programmi attivati dalle Utilities elettriche (e sempre più spesso anche da compagnie del gas).

3.2.1. Tariffe

Un intervento attuato da tempo è costituito dall'avvicinamento delle tariffe ai costi marginali di produzione ed in particolare una differenziazione delle tariffe per stagione e per ora del giorno, in modo da tenere conto dei maggiori costi della potenza installata per garantire il soddisfacimento della richiesta di potenza di punta. Sono state così introdotte:

- tariffe multiorarie, anche nel settore residenziale;
- tariffe più basse per servizi che possono essere interrotti da parte della utility tramite segnale sulla linea o segnale radio quando la domanda di punta supera un livello prefissato;
- tariffe per l'accumulo notturno di energia termica o frigorifera.

Queste modalità consentono di controllare il carico di punta, spostandolo in parte nelle valli e sono efficaci soprattutto verso i grandi utenti; per gli utenti residenziali sono state a volte associate con sconti sull'acquisto di timer. Alcuni studi propongono l'introduzione di dispositivi di disinserzione a distanza anche per certi carichi nel settore residenziale (Eto, Miller, & Geller, 1989).

3.2.2. Energy audits

Molte utilities elettriche e del gas hanno offerto energy audits ai loro clienti residenziali gratuitamente o ad un prezzo simbolico (tipicamente 10 \$). La partecipazione è arrivata in alcuni casi al 35% e mediamente al 7%, con risparmi dell'ordine del 3-5%. Non veniva fornito nessun incentivo finanziario ai clienti.

Analoghi interventi vengono attuati nel settore terziario e industriale.

3.2.3. Sconti sull'acquisto di apparecchiature efficienti

Per ridurre la barriera costituita dalla scarsa propensione degli utenti a considerare i costi durante tutto il ciclo di vita anziché il solo costo capitale al momento dell'acquisto sono stati adottati numerosi programmi basati su contributi finanziari a chi acquista o installa dispositivi per il risparmio di energia.

Una grande varietà di dispositivi a migliore efficienza (lampade fluorescenti, boiler, scaldacqua solari, condizionatori, frigoriferi, isolanti per tubazioni e boiler, docce a flusso ridotto, vetri doppi e basso emissivi, etc.) sono stati incentivati con sconti forniti al momento dell'acquisto, generalmente dell'ordine del 10-30% o più.

New York State Electric and Gas (Nyseg) ha condotto un importante esperimento di sconti su frigoriferi nel 1985-86. Solo i modelli più efficienti (25% dei modelli disponibili) potevano accedere allo sconto. Si voleva confrontare l'effetto di diverse strategie di vendita. I frigoriferi ad alta efficienza risultarono essere circa il 15% del venduto in un'area di controllo, il 35% in un'area dove si aveva solo una strategia di informazione e pubblicità, il 49% nell'area dove venivano offerti sconti di 35\$, del 60% dove erano disponibili sconti di 50\$. la cooperazione dei venditori risultò più alta nelle aree in cui venivano praticati sconti e fu considerata molto importante per il raggiungimento di alti tassi di partecipazione.

Benché l'introduzione degli standard federali stia rimuovendo dal mercato i modelli più inefficienti, molte utilities continuano ad offrire sconti per promuovere i modelli più efficienti. Per esempio PG&E offre sconti di 50\$ per frigoriferi che superano del 10% lo standard del 1990 e 100\$ per quelli che lo superano del 15%. PG&E stima che il 30% dei frigoriferi venduti nel '90 abbia beneficiato degli sconti, con un costo dell'energia risparmiata di 3.1 c/kWh per la utility. Inoltre verrà fornito uno sconto di 300\$ ai frigoriferi che superino di almeno il 25% lo standard di efficienza del 1993.

Analogamente PG&E offre sconti ai costruttori che costruiscono edifici migliori rispetto allo standard della California (Title 24), che utilizzano vetri basso emissivi selettivi, etc.

3.2.4. Prestiti a tasso agevolato

Alternativamente il consumatore può ricevere un prestito per l'acquisto dell'apparecchiatura, e ripagarlo ratealmente sulla bolletta ad un tasso di interesse agevolato o nullo. Eventualmente la rata può essere calcolata in modo da mantenersi inferiore al risparmio economico legato al risparmio di energia. Gli utenti del Taunton Municipal Lighting Plant in Massachusetts compilando una cartolina ricevono lampade compatte fluorescenti del valore di 25\$ e le ripagano pagando 20 centesimi al mese sulla bolletta. La Utility garantisce che il risparmio sulla bolletta lungo la vita della lampada sia almeno di 50 \$. Il 5% degli utenti domestici hanno partecipato, acquistando in media 4 bulbi. La Utility ha calcolato un costo dell'energia risparmiata di 2,5 c/kWh. In Italia l'Enel ha attuato alcuni programmi di questo tipo, tra cui quello sugli scaldacqua solari. Il programma ha incontrato problemi soprattutto al sud, in mancanza di una rete sufficientemente estesa e qualificata di installatori e produttori.

Nel settore commerciale ed industriale solo poche utilities offrono programmi basati su prestiti ed in generale la maggior parte dei clienti preferisce aderire a programmi di sconti.

3.2.5. Installazione diretta gratuita

Nel caso di mercati difficilmente raggiungibili con campagne di informazione o sconti, alcune compagnie sono intervenute installando gratuitamente le apparecchiature ad alta efficienza. Per esempio PG&E è passata da un programma di retrofit di edifici per famiglie a basso reddito basato su mutui a tasso nullo, ad un intervento gratuito, incrementando notevolmente il numero di utenti serviti, con un sovraccosto molto basso per la utility in quanto i costi amministrativi del programma di mutui erano molto alti. Le Puc spesso richiedono alle utilities di attuare programmi diretti alle fasce sociali più svantaggiate per distribuire i benefici del risparmio energetico anche a chi ha meno disponibilità di capitali per l'investimento iniziale.

Southern California Edison ha distribuito, tra giugno 1985 ed il 1988, 550.000 lampadine fluorescenti da 15W (risparmio medio annuale 90 kWh) ad oltre 165.000 famiglie a basso reddito.

3.2.6. Acquisto di energia risparmiata da compagnie di servizi energetici

Le utility elettriche oltre ad intervenire direttamente presso i consumatori, intervengono indirettamente, attraverso Energy Service Companies (Escos). Sono queste ultime a contattare il consumatore ed a proporgli i miglioramenti di efficienza che ritengono economicamente validi. L'energia risparmiata viene poi venduta dalla Esco alla utility che può rivenderla ad altre utenze come se fosse prodotta da un nuovo impianto. È un'evoluzione della tradizionale modalità di finanziamento da parte di terzi.

Come esempio di notevole interesse vogliamo citare il recente contratto tra Boneville Power Administration (Bpa) ed un gruppo di compagnie di servizi energetici guidate dalla ditta Sesco che riguarda un risparmio di 61 MW (medi) e oltre 500 milioni di kWh. Durante i 5 anni previsti per l'installazione, le 420.000 residenze coinvolte riceveranno retrofit energetici del valore di 245 milioni di \$, *a costo zero per gli utenti partecipanti e le utilities* sul cui territorio si svolge l'intervento.

Viceversa Bpa acquisterà i kWh risparmiati per un periodo variabile tra 17 e 25 anni ad un costo tra 2.1 e 3 centesimi: Questo costituisce una porzione del 38-55% dei costi evitati di Bpa (5.5 c/kWh). È previsto un impiego di forza lavoro locale dell'ordine delle 450-600 unità.

L'intervento consiste in:

100.000 retrofit sull'intera casa (miglioramenti all'isolamento, riscaldamento acqua, illuminazione) per case riscaldate elettricamente; i risparmi verranno misurati come differenza tra l'uso medio di energia prima e dopo il retrofit, con aggiustamenti per andamento climatico e confronto con un gruppo di controllo; risparmio previsto 38 MW, prezzo del kWh risparmiato 2,5 c.

120.000 retrofit su acqua calda sanitaria (isolamento e docce efficienti) e illuminazione; ogni anno verrà verificata la persistenza dei miglioramenti in un campione di case ed il pagamento per 12 anni sarà subordinato ai risultati della verifica; risparmio previsto 10 MW, costo 2.1 c/kWh.

200.000 retrofit sull'illuminazione; ci si attende che le lampade compatte fluorescenti installate durino 10 anni; verranno effettuate verifiche in un campione di case per 12 anni.

3.2.7. Disaccoppiamento dei profitti dalle vendite: shared savings

La Pianificazione Integrata delle Risorse tratta i programmi di DSM come risorse, ma il meccanismo regolativo delle utilities e delle tariffe negli Usa ed altrove scoraggia questa impostazione, perché gli introiti ed i profitti sono direttamente proporzionali al numero di kWh venduti (Vine & Crawley, 1991). Dunque gli Enti Elettrici vendono *elettroni* piuttosto che i *servizi* finali (illuminazione, comunicazioni, servizi forniti dagli elettrodomestici, raffrescamento, etc.) ottenuti dallo scorrere degli elettroni nei dispositivi. Quindi qualunque attività di miglioramento dell'efficienza dei dispositivi di uso finale può avere effetti contrastanti per la utility:

- se la domanda è in crescita e, come spesso accade, il costo dell'energia conservata è inferiore ai costi evitati per la eventuale produzione, trasmissione e distribuzione di nuova energia necessaria in assenza dei programmi di Dsm, la utility ha un vantaggio economico nell'attuare alle risorse lato domanda piuttosto che alle risorse lato produzione, purché il meccanismo di regolazione delle tariffe consenta di inserire tra i costi quelli dei programmi di Dsm (costi amministrativi e di personale oltretutto eventuali sconti ai consumatori);

- se viceversa la domanda di energia è stazionaria, una riduzione di consumi prodotta da programmi di Dsm non evita o differisce la costruzione di nuovi impianti ed il connesso esborso di capitale; viceversa riduce gli introiti e comporta costi per la realizzazione del programma stesso; in queste condizioni i programmi di Dsm sono decisamente scoraggiati dall'attuale pratica di determinazione delle tariffe da parte degli enti regolatori.

Per porre rimedio a questa situazione negli Usa la National Association of Regulatory Utility Commissioners (Naruc) ha approvato una risoluzione che richiede alle Public Utility commissions dei singoli stati di adottare meccanismi di formazione delle tariffe che permettano alle utilities di recuperare sia i costi operativi dei programmi di Dsm, che gli introiti perduti netti (introiti perduti a causa della riduzione di uso dell'energia elettrica meno la riduzione dei costi operativi). Una direttiva rivolta a sviluppare condizioni istituzionali e regolative che favoriscano l'Irp è in discussione presso l'Unione Europea.

Diverse modalità per disaccoppiare i profitti dalla quantità di energia venduta sono stati proposti. Il più promettente appare essere quello dei risparmi condivisi (shared savings), poiché dipende dal beneficio prodotto dal programma di DSM. New England Electric System ha

proposto uno schema di risparmi suddiviso in due parti. Il primo incentivo, che tende a massimizzare la dimensione dei programmi di DSM della compagnia, eguaglia il 5% dei benefici totali del programma. Questi sono definiti come i costi evitati della compagnia (energia risparmiata per costo evitato unitario dell'energia risparmiata più potenza risparmiata per costo evitato unitario della potenza). Il secondo incentivo, volto a premiare l'efficacia del programma, è pari al 10% dei benefici netti del programma, definiti come i costi evitati meno i costi di implementazione del programma. La Puc di Rhode Island ha approvato una versione modificata di questa proposta. Molti stati Usa hanno approvato l'adozione di questo meccanismo.

3.2.8. Richiesta di offerte (competitive bidding) di risorse sul lato domanda

Recentemente c'è stato interesse per programmi in cui le utilities attuano gare in cui richiedono ad attori esterni di fornire risorse sul lato domanda o sul lato produzione o entrambe. Lo scopo è quello di lasciare che sia il mercato a determinare il prezzo di nuove risorse ed il mix appropriato di risorse. L'esperienza con queste gare è finora limitata ma in rapida crescita. La maggior parte di offerte sono giunte da Escos, ma anche da grandi clienti commerciali ed industriali.

3.3. Programmi dimostrativi, attività di ricerca e sviluppo, incentivi ai produttori (golden carrot)

In California PG&E sta attuando un programma dimostrativo chiamato Advanced Consumer Technology Test for Maximum Energy Efficiency (ACT²) che intende studiare l'entità massima del risparmio possibile utilizzando pacchetti di tecnologie ad alta efficienza che si avvantaggino di nuovi prodotti e del sinergismo tra componenti; ACT² riguarderà alcune utenze residenziali, commerciali, agricole ed industriali. I diversi progetti presentati per un edificio per uffici esistente prevedono risparmi elettrici del 70-85% e di gas del 46-96%. Tali programmi sono di grande importanza per confermare sul campo le stime ottenute con metodi di simulazione ed usate per stimare il potenziale tecnico di risparmio.

È stata sperimentata la possibilità di attenuare l'effetto di rincorsa che disincentiva i produttori dall'investire in R&D per prodotti ad

alta efficienza, che poi il mercato può penalizzare anche quando l'extracosto è piccolo. Vengono forniti incentivi finanziari o «Golden Carrots» per incoraggiare le industrie a sviluppare prodotti che eccedono gli standard, o, in assenza di standard, che siano migliori dei modelli presenti sul mercato. Gli incentivi, che possono essere sufficienti a coprire i costi capitali della nuova linea di produzione, vengono forniti dal governo o da un consorzio di utilities. Inoltre vengono forniti sconti ai consumatori che acquistano i nuovi prodotti ad alta efficienza. Nel 1990, la Swedish National Energy Administration usò questo concetto indicando una gara tra i produttori di frigoriferi richiedendo di proporre modelli che consumassero almeno il 10% meno dei modelli correnti. La Electrolux vinse la gara con due modelli aventi consumi ridotti del 35 e 55%; l'isolamento utilizza HCFC e i nuovi pannelli evacuati sviluppati all'LBL. Un concorso analogo negli Usa con un premio di 30 milioni di \$ è stato vinto dalla Whirlpool, con modelli che abbattano del 50% i consumi.

Una variante di incentivazione ai produttori consiste nel garantire loro l'acquisto di un certo numero di unità dei nuovi modelli (technology procurement); questo è stato attuato in Svezia organizzando la domanda di enti pubblici e grandi utenti privati in modo da garantire l'acquisto di un numero consistente di schermi per calcolatore a basso consumo; è stato così possibile trovare un produttore interessato a produrre schermi rispondenti alle specifiche richieste.

4. Confronto tra la situazione italiana ed altri paesi Ocse per quanto riguarda il potenziale di risparmio

Ovviamente oltre ai problemi di adattamento reciproco della metodologia e del contesto istituzionale e normativo italiano, il confronto con altri paesi riguarda anche l'entità del potenziale tecnico di risparmio, che dipende dalla ripartizione degli usi finali e dall'efficienza dei dispositivi di utilizzo dell'energia nei diversi paesi.

Per quanto riguarda la ripartizione degli usi finali elettrici si può fare riferimento ad uno studio della International Energy Agency. Rispetto agli Stati Uniti il nostro paese ha, in percentuale:

- meno riscaldamento elettrico di ambienti, ma più produzione elettrica di acqua calda sanitaria;
- minor peso del condizionamento aria (ma è in crescita e può essere indirizzato verso raffrescamento passivo ed impianti più efficienti);

- un peso molto consistente dei motori elettrici industriali (37% in Italia contro il 23% degli Usa).

In alcuni usi finali l'Italia parte da una situazione di maggiore efficienza rispetto agli Stati Uniti, come per esempio nei consumi dovuti a frigoriferi e auto, che in Italia hanno generalmente dimensioni e consumi specifici inferiori. Viceversa in molti altri usi finali (come l'illuminazione, le apparecchiature per ufficio, i motori elettrici, il condizionamento dell'aria), i miglioramenti tecnologici possibili sono del tutto simili ed anzi finora le tecnologie ad alta efficienza hanno generalmente avuto una diffusione più precoce negli Stati Uniti (dove hanno spesso avuto origine) che in Italia.

Alle proposte di incremento dell'efficienza energetica in Italia viene a volte contrapposta l'obiezione che il nostro paese ha già valori di intensità energetica e di consumo pro capite tra i più bassi dell'area Ocse. Occorre però ricordare che diversi studi (Schipper & Lichtenberg, 1976) (Schipper, Howarth, & Wilson, 1990) hanno mostrato che l'uso del rapporto consumi energetici/Pil può essere fuorviante nella valutazione dell'efficienza energetica. Dal secondo studio citato risulta che, mentre il rapporto energia/Pil in Norvegia si è ridotto del 30% tra il 1973 ed il 1986, le intensità energetiche settoriali sono rimaste costanti o sono aumentate. Inoltre, nel confronto tra diversi paesi, le differenze tra le intensità settoriali sono quasi sempre significativamente più piccole delle differenze tra i rapporti energia/Pil.

Per l'Italia il valore piuttosto basso dell'intensità energetica rispetto ad altri paesi Ocse (Usa, Olanda, Germania, Francia, UK) può essere la conseguenza di fattori che hanno effettivamente a che vedere con il livello di efficienza energetica, come l'industrializzazione relativamente recente, la presenza di una tariffa elettrica progressiva per gli usi domestici, automobili relativamente piccole, ... ma anche delle caratteristiche geografico-climatiche (clima mite e limitata estensione geografica rispetto al numero di abitanti). Inoltre la differenza tra le intensità energetiche dell'Italia e dei paesi sopracitati si è mediamente ridotta durante lo scorso decennio, «con una progressiva erosione del margine di vantaggio di cui l'Italia ha sempre goduto e che ha compensato il basso valore di autosufficienza energetica» (D'Ermo). È quindi indispensabile analizzare la situazione degli usi finali dell'energia con indicatori settoriali ed analisi tecnologiche che pongano al riparo da distorsioni come quelle citate.

Nel settore industriale l'intensità energetica si è ridotta notevolmente nella prima metà degli anni '80, in parte notevole a causa di cambia-

menti del mix di attività produttive; la riduzione di intensità procede ora con un tasso molto inferiore e motori ad alta efficienza e controlli elettronici di velocità hanno per ora una scarsa penetrazione. Nel settore civile (residenziale più terziario) l'intensità sembra diminuire tra l'80 ed il '91, ma se si filtrano gli effetti delle fluttuazioni climatiche introducendo i gradi giorno, il trend appare di stabilità piuttosto che di riduzione. Nel settore dei trasporti l'intensità energetica presenta addirittura un trend di crescita.

Analisi dell'efficienza energetica della nostra economia, effettuate bottom-up, cioè analizzando le singole tecnologie di uso finale sono ancora piuttosto scarse in Italia (Gianni Silvestrini, Enea, Regione Lombardia) e la disponibilità di dati sui valori degli indicatori energetici attuali è limitata. Attività di raccolta dati sono in corso col contributo del gruppo di Fisica Tecnica Ambientale del Politecnico di Milano (consumi nel terziario con software CARE, certificazione energetica degli edifici...). Dove i dati sono disponibili risultano spesso potenziali di risparmio di grande interesse.

Il caso dell'illuminazione è un buon esempio di quanto sopra. Nell'ottobre 1992 è stato approvato dal parlamento Usa l'Energy Policy Act (EPA Act 92), che prevede l'entrata in vigore entro un massimo di 2 anni di nuovi standard per gli edifici ed in particolare gli standard sulla massima densità di potenza per l'illuminazione (W/m^2) riportati in (Mills, 1993). In Italia, nonostante l'uso di lampade fluorescenti, spesso negli edifici del terziario le densità di potenza sono considerevolmente più alte. Per esempio negli edifici commerciali italiani è comune avere livelli di densità di potenza 3-5 volte superiori a parità di compiti visivi e di illuminamento (densità variabili tra 30 e 60 W/m^2 come documentato in (Bassi, 1993) rispetto al valore di circa 10-12 W/m^2 stabilito dalla normativa americana).

Altro esempio di tecnologia dotata di notevole potenziale di risparmio sono le lavabiancheria e lavastoviglie a doppia presa (accettano acqua calda dall'esterno oltreché acqua fredda). Misure effettuate dall'Enea mostrano che accoppiando questo tipo di lavatrici (comuni in altri mercati, ma sostanzialmente assenti in Italia) con scaldacqua a gas, si ottengono risparmi di energia primaria e di spese di gestione variabili tra il 25 ed il 30%. L'extracosto capitale di queste macchine ed il conseguente costo dell'energia risparmiata è estremamente basso.

Gli autori hanno analizzato circa 270 ipotesi di intervento per l'aumento della resistenza termica dell'involucro degli edifici della Regione Lombardia (Guazzotti, Marengo, & Pagliano, 1994). Oltre 190 tipologie di intervento hanno mostrato costi dell'energia conservata inferiori

al costo di produzione del calore con caldaie a metano ad alta efficienza.

In generale le analisi effettuate sul potenziale di risparmio in Lombardia confermano per esempio nel settore residenziale la presenza di risorse sul lato domanda dell'ordine del 30-40% sia negli usi finali elettrici che termici, con costi dell'energia risparmiata inferiori ai costi sul lato produzione. Potenziali di risparmio, analoghi o superiori, nei diversi settori sono stati stimati in altri paesi europei come la Germania, l'Olanda (Aa.Vv., 1992), la Danimarca.

La domanda da porre non pare dunque essere se esistano anche in Europa ed in particolare in Italia consistenti ed economicamente attraenti risorse sul lato gestione della domanda, ma come rimuovere in modo efficace le barriere di mercato che ostacolano il loro utilizzo.

5. Bibliografia

- Aa.Vv., 1987, *Alternative Electric Power Supply Study - 1985 update* No, Wisconsin Public Service Commission.
- Aa.Vv., 1992, *Building Energy Efficiency* No, OTA-E-518, U.S., Congress, Office of Technology Assessment.
- Aa.Vv., 1992, *Icarus. The Potential for Energy Conservation in the Netherlands up to the Year 2000*, No, University of Utrecht.
- Aa.Vv., 1991, *Science Projects in Renewable Energy and Energy Efficiency*, American Solar Energy Society, Boulder, Colorado.
- Aa.Vv., 1993, «Doe to Save Over \$1 Million in Headquarters Lighting Project at no Cost to the Government», *FEMP Focus*, p. 1 and 4.
- Bassi P., 1993, «Energia e gestione in edifici esistenti: le problematiche», in C. Jopplo (Ed.), *Energia e gestione in edifici esistenti del terziario: centri commerciali e grande distribuzione*, 1 (pp. 2-41), Aicarr, Milano.
- Blumstein C., Krieg B, et al., 1980, «Overcoming Social and Institutional Barriers to Energy Conservation», *Energy*, n. 5, pp. 335-371.
- Eto J. H., Miller P.M. e Geller H.S., 1989, *The potential for electricity conservation in New York State*, No. 89-12, NY State.
- Guazzotti M., Marengo M., e Pagliano L., 1994, «La metodologia del Least Cost Planning applicata alla riqualificazione energetica del settore residenziale» in Icie (Ed.), *Riqualificazione energetica a scala urbana: politiche e tecnologie*, Roma.
- Hirst E., 1989, «Reaching for 100% Participation in a Utility Conservation Program: the Hood River Conservation Project», *Energy Policy*.
- Krause F., 1993, «Principles of Least Cost Oriented Integrated Resource Planning».

- Krause F., Eto J., 1988, *Least Cost Utility planning handbook for Public Utility Commissioners*, Naruc.
- Krause F., Rosenfeld A., et al., 1987, *Analysis of Michigan's Demand-Side electricity resources in the residential sector*, No. LBL-23025, Lawrence Berkeley Laboratory.
- Lovins A.B., Fickett A.P., e Gellings C.W., 1990, «Efficient Use of Energy», *Scientific American*, Sept., pp. 29-36.
- Mills E., 1993, «US Law Helps tap Large Savings Potential», *IAEEL newsletter*, Jan, pp. 8-9.
- Roodman D.M., 1993, «A proposito dell'energia: come gestire la domanda?», *World Watch*, edizione italiana, dec. pp. 28-35.
- Rosenfeld A.H., 1992, *Promoting energy efficiency in U.S. Federal buildings*, No. Lawrence Berkeley Laboratory.
- Schipper L., Howarth R., e Wilson D., 1990, *A Long Term Perspective on Norwegian Energy Use*, No. LBL 27295, Royal Norwegian Energy and Oil Ministry.
- Schipper L., Lichtenberg A., 1976, «Efficient Energy Use and Well Being: the Swedish Example», *Science*, (197), 1013.
- Stern P.C., Aronson E. (Ed.), 1984, *Energy use: the human dimension*, W.H. Freeman and Co., New York.
- Vine E., Crawley D., 1991, (Ed.), *State of the Art of Energy Efficiency: Future Directions*, Aceee, Washington, D.C.