

BARRIERA ACUSTICA – FOTOVOLTAICA: UN CASO DI STUDIO

Cinzia Buratti (1), Stefano Cotana (2)

- 1) CIRIAF, Perugia
- 2) Fondazione per l’Istruzione Agraria, Perugia

1. Introduzione

Il rumore in ambito residenziale è considerato una delle principali fonti di disturbo; esso può essere correlato alle diverse attività umane quali sistemi di trasporto, strutture commerciali, cantieri e attività ricreative.

Le barriere anti-rumore sono uno dei sistemi più comunemente utilizzati per ridurre il rumore da infrastrutture di trasporto.

Il presente lavoro riguarda lo studio di una barriera acustica – fotovoltaica realizzata a protezione di un edificio residenziale posto lungo il raccordo autostradale Perugia - A1, tratto sopraelevato in prossimità dell’ingresso di una galleria.

La particolarità di tale barriera è che, mediante dei pistoni idraulici elettrocomandati, può essere inclinata sia in funzione della captazione massima dell’energia solare che dell’abbattimento acustico.

Sono state effettuate misure fonometriche negli spazi esterni dell’abitazione sia prima della realizzazione della barriera (condizione ante – operam) che dopo (condizione post – operam), nonché simulazioni mediante l’ausilio di software.

Dal punto di vista energetico è stata valutata l’energia che sarà prodotta dall’impianto alle varie inclinazioni (angolo di tilt), le TEP risparmiate negli anni di funzionamento e la riduzione delle emissioni in atmosfera delle sostanze che hanno effetto inquinante e di quelle che contribuiscono all’effetto serra.

Lo studio si conclude con un’analisi economica basata sul calcolo dei principali indici quali VAN, TIR e del tempo di ritorno dell’investimento.

2. Aspetti normativi

La presa di coscienza del problema dell’inquinamento da rumore ha condotto all’emanazione di un corpus legislativo piuttosto articolato. La Legge Quadro 447/95 è il primo tentativo di realizzare una disciplina organica e sistematica della tutela dell’ambiente abitativo e dell’ambiente esterno dall’inquinamento acustico. La legge quadro stabilisce i principi fondamentali in materia di tutela dell’ambiente, indica e-

spressamente gli obblighi da parte dello Stato, delle Regioni e dei Comuni ed introduce il concetto di Piano di Risanamento Acustico.

Nell'art. 10 è indicato l'obbligo, da parte delle società e degli Enti gestori di servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, di predisporre piani di contenimento ed abbattimento del rumore, qualora ci si trovi nella situazione del superamento dei limiti di immissione previsti. È poi indicato anche l'obbligo, da parte degli stessi Enti, di impegnare, in via ordinaria, una quota fissa non inferiore al 5% (innalzata poi al 7% con la Legge 23/12/98 n.448) dei fondi di bilancio previsti per le attività di manutenzione e di potenziamento delle infrastrutture stesse, per l'adozione di interventi di contenimento ed abbattimento del rumore.

La disciplina relativa al rumore generato dalle infrastrutture di trasporto nelle varie forme è demandata dalla legge quadro a specifici regolamenti di attuazione, sotto forma di decreti, finalizzati alla prevenzione ed al contenimento dell'inquinamento da rumore avente origine da tali sorgenti [1].

3. Analisi dell'efficienza acustica della barriera

Il dimensionamento acustico della barriera è stato eseguito mediante l'ausilio di un modello previsionale denominato "SoundPLAN 7.0" che permette di ottenere:

- simulazioni acustiche;
- mappatura del sito;
- valutazione di impatto acustico;
- ottimizzazione delle barriere acustiche o di altre forme di bonifica.

Per la simulazioni acustiche stradali, il programma utilizza il modello di calcolo NMPB-Routes-96, indicato nella direttiva 2002/49, in attesa dell'emanazione dei decreti nazionali a riguardo.

Al fine di caratterizzare lo scenario ante operam della zona in esame si è rilevato il clima acustico in corrispondenza di 3 punti prescelti (vedi Figura 1). L'edificio è posizionato circa 10 metri più in alto rispetto al piano stradale.

Le misure fonometriche sono state effettuate secondo le prescrizioni del Decreto 16/03/98 "Tecniche di rilevamento e di misura dell'inquinamento acustico", con la tecnica del campionamento, secondo quanto richiesto dalla normativa.

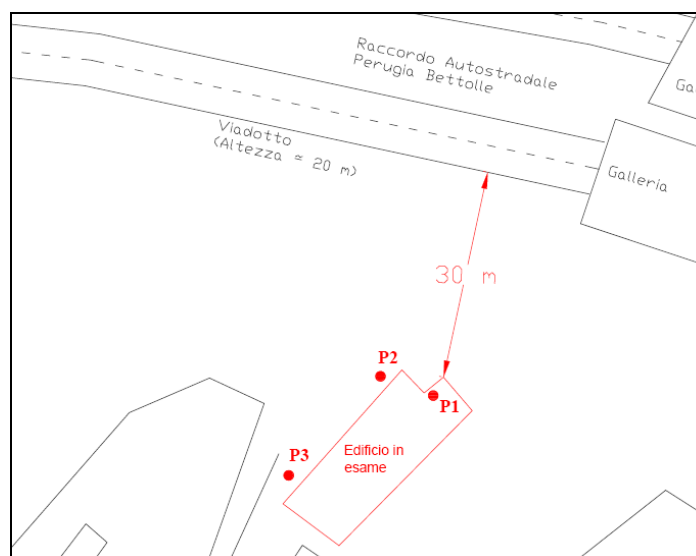


Figura 1 – Posizione punti di misura

La simulazione è stata effettuata seguendo la seguente metodologia:

- caratterizzazione dell'area nello scenario ante operam attraverso n. 3 misure diurne e n. 3 misure notturne della durata di 10 minuti cadauna, nei 3 punti riportati in figura 1, al fine di caratterizzare l'area in esame;
- confronto della situazione acustica della zona in esame con i limiti previsti dalla classificazione acustica del territorio comunale;
- individuazione dei ricettori sensibili più esposti al rumore prodotto dalle sorgenti;
- mappatura acustica dello scenario ante operam;
- caratterizzazione dello scenario post operam ipotizzando la barriera acustica;
- mappatura acustica dello scenario post operam;
- confronto dei livelli di rumore stimati nei due scenari e verifica dell'efficienza acustica dell'intervento tecnico proposto.

Terminata tale fase e realizzata la barriera acustica è stata effettuata una verifica del modello, confrontando i valori ricavati dalle simulazioni con quelli ottenuti da una seconda campagna di misure, negli stessi punti precedentemente individuati.

Come si evince dalla Figura 2 (Estratto della Zonizzazione Acustica), l'area in esame è classificata in CLASSE III (Aree di tipo misto) e, contemporaneamente, ai sensi del DPR 30/04/2004 n.142, ricade in FASCIA (100 m) Strada urbana di scorrimento; pertanto i limiti massimi di immissione sono 70 dBA (Diurno) e 60 dBA (Notturmo).

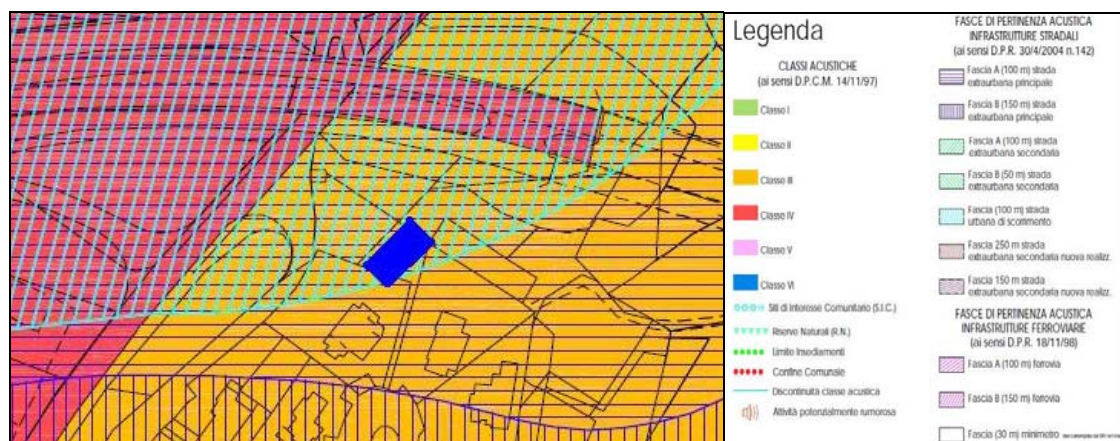


Figura 2 – Particolare Zonizzazione Acustica dell'area in esame

La collocazione della barriera ipotizzata nell'area in esame ha riscontrato qualche difficoltà dovuta allo spazio ristretto e alle pendenze del terreno. Nel sito erano già presenti dei micropali in cemento armato, realizzati al fine di contenere la scarpata. È stato previsto pertanto un basamento in cemento armato, a collegamento dei micropali, a cui, mediante barre filettate con resine, sono state ancorate le cerniere dei telai in acciaio zincato.

I telai hanno la possibilità di ruotare attorno all'asse orizzontale e la movimentazione è ottenuta attraverso l'estensione di pistoni idraulici elettrocomandati.

Mediante staffe in alluminio, ai telai sono stati fissati pannelli fotovoltaici in silicio monocristallino, rivolti verso l'abitazione (lato sud), mentre verso il lato stradale è stato posizionato un materiale fonoassorbente.

In Figura 3 è riportato un disegno di massima della barriera realizzata.

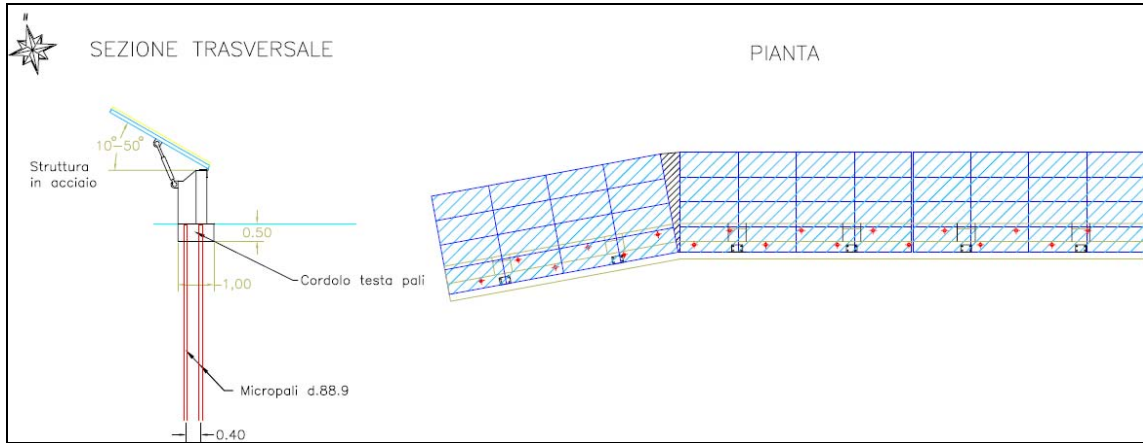


Figura 3 – Progetto di massima della barriera

In figura 4 e 5 sono riportate rispettivamente le mappe acustiche degli scenari Diurno e Notturno ottenute dalle simulazioni eseguite, con e senza interposta la barriera oggetto di studio.

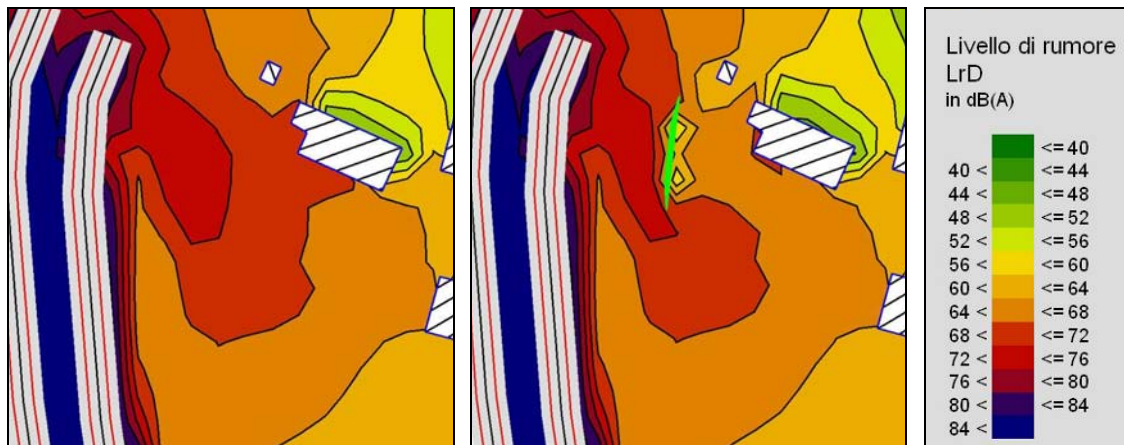


Figura 4 – Mappatura acustica dello stato Ante e Post Operam, periodo Diurno

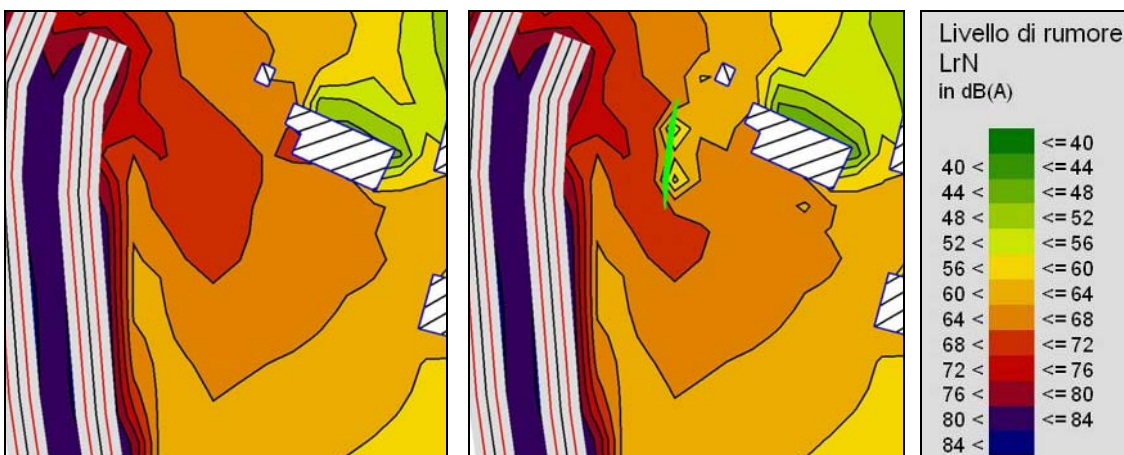


Figura 5 – Mappatura acustica dello stato Ante e Post Operam, periodo Notturno

In entrambe le figure si può notare che la realizzazione della barriera fornisce un notevole miglioramento acustico a beneficio dell'edificio in esame.

Ciò è confermato anche dalle simulazioni numeriche e dai rilievi effettuati nella seconda campagna di misure (rilievi post- intervento).

In Tabella 1 sono riportati i risultati dei rilievi effettuati nelle due campagne di misura ed il confronto con i valori calcolati.

Da notare che, i valori rilevati nella seconda campagna di misure possono considerarsi congrui con i valori teorici calcolati dal software, a conferma della corretta simulazione effettuata dal modello previsionale SoundPLAN 7.0.

Tabella 1 – Livelli di immissione rilevati messi a confronto con quelli calcolati in corrispondenza dei punti di misura.

RICETTORI	LIVELLI DI IMMISSIONE					
	DIURNO			NOTTURNO		
	ANTE O. MISURATO	POST O. CALCOLATO	POST O. MISURATO	ANTE O. MISURATO	POST O. CALCOLATO	POST O. MISURATO
<i>P1</i>	67,2	64,2	64,4	66,5	63,4	63,3
<i>P2</i>	66,0	63,9	64,4	64,6	62,5	62,0
<i>P3</i>	63,1	63,0	63,7	62,0	61,8	61,7

Come era facile prevedere, l'efficacia acustica della barriera diminuisce con la distanza, infatti si ha una riduzione di circa 3 dB in corrispondenza di P1, 2 dB in P2 e un valore quasi nullo in P3 (posizionato sul lato dell'edificio opposto a quello stradale).

4. Impianto fotovoltaico

L'impianto fotovoltaico installato a copertura della barriera acustica è di tipo grid-connected è composto da 48 moduli fotovoltaici in silicio monocristallino, che occupano una superficie di 61,3 m²; l'allaccio alla rete è effettuato in bassa tensione.

La potenza elettrica totale installata è di 8,64 kW e la produzione di energia annua stimata risulta pari a 12656 kWh (equivalente a 1464,8 kWh/kW) [2]. L'impianto opera in regime di scambio sul posto.

Nel grafico illustrato in Figura 6 è riportata l'energia media mensile prodotta dall'impianto.



Figura 6 – Energia mediamente prodotta dall'impianto nei vari mesi dell'anno

Dal punto di vista ambientale, un utile indicatore per definire il risparmio di combustibile derivante dall'impiego di fonti energetiche rinnovabili è il fattore di conversione dell'energia elettrica in energia primaria [TEP/MWh].

Questo coefficiente individua le Tonnellate Equivalenti di Petrolio necessarie per la realizzazione di 1 MWh di energia, ovvero le TEP risparmiate con l'adozione di tecnologie fotovoltaiche per la produzione di energia elettrica.

In Tabella 2 sono riportati i TEP risparmiati durante la vita utile dell'impianto [3].

Tabella 2 – Risparmio di combustibile.

Risparmio di combustibile	TEP
Fattore di conversione dell'energia elettrica in energia primaria [TEP/MWh]	0.187
TEP risparmiate in un anno	2.37
TEP risparmiate in 20 anni	43.50

L'impianto fotovoltaico, inoltre, consente la riduzione di emissioni in atmosfera delle sostanze che hanno effetto inquinante e di quelle che contribuiscono all'effetto serra.

In Tabella 3 sono riportati i valori delle emissioni di inquinanti CO₂, SO₂, NO_x e Polveri evitate in atmosfera [4].

Tabella 3 – Emissioni evitate in atmosfera

Emissioni evitate in atmosfera	CO₂	SO₂	NO_x	Polveri
Emissioni specifiche in atmosfera [g/kWh]	462.0	0.540	0.490	0.024
Emissioni evitate in un anno [kg]	5 847.36	6.83	6.20	0.30
Emissioni evitate in 20 anni [kg]	107468.06	125.61	113.98	5.58

In Figura 7 è riportata un'immagine dell'impianto oggetto del presente studio.



Figura 7 – Immagine dell'impianto oggetto di studio

5. Analisi economica

L'analisi economica dell'investimento richiede la stima dei costi complessivi dell'intera struttura, dei costi di manutenzione e dei ricavi derivanti dai contributi "Conto Energia" e "Scambio sul posto" che incentivano l'energia prodotta dall'impianto.

L'impianto è entrato in esercizio (allaccio alla Rete Enel) prima del 31/12/2010, pertanto ha diritto alle tariffe del 2° Conto Energia che per tale tipologia (impianto su barriera acustica, completamente integrato) e per tale taglia risulta pari a 0.442 €/kWh prodotto [5]. Inoltre è stato considerato un consumo medio, per una famiglia di 4 persone, di circa 4000 kWh durante l'arco dell'anno.

In Tabella 4 sono riportate le spese sostenute per la realizzazione dell'impianto.

Tabella 4 – Costi per la realizzazione dell'impianto

Descrizione	Importo [€]
Struttura in CA	6000
Pannelli + Inverter + installazione	30000
Telai in acciaio + movimentazione idraulica	5000
Spese tecniche	1000
Altro (spese di connessione, finiture)	1000
TOTALE	43.000

Per una corretta valutazione economica dell'impianto c'è da considerare inoltre, al decimo anno, una spesa di circa 2000 € per la sostituzione dell'inverter, mentre le spese di pulizia dei pannelli, vista l'estensione ridotta e il facile accesso, saranno effettuate a costo zero dai proprietari dell'abitazione.

Ai fini dell'analisi economica sono stati considerati i parametri di riferimento riportati in Tabella 5.

Tabella 5 – Parametri Economici

Tasso di inflazione annua dei costi	2.00 %
Tasso di inflazione annua delle tariffe energetiche	6.00 %
Tasso di attualizzazione	4.00 %
Aumento annuo dei consumi di energia	2.00 %
Perdita annua di efficienza dell'impianto	0.90 %

Il Valore Attuale Netto dei flussi di cassa futuri attualizzati, stimando una vita utile dell'impianto di 20 anni (periodo di durata del contributo Conto Energia), è 28.067 € (Vedi Figura 7).

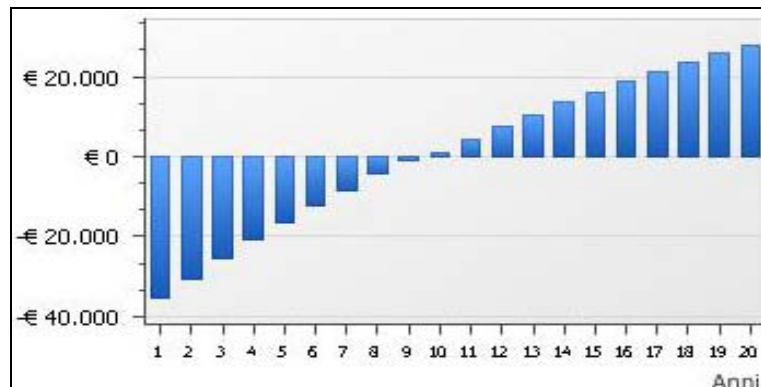


Figura 7 – VAN impianto

Il TIR, il costo massimo dei mezzi finanziari che conviene assumere, stimando una vita utile dell'impianto di 20 anni, è 11.12 % (Vedi Figura 8)

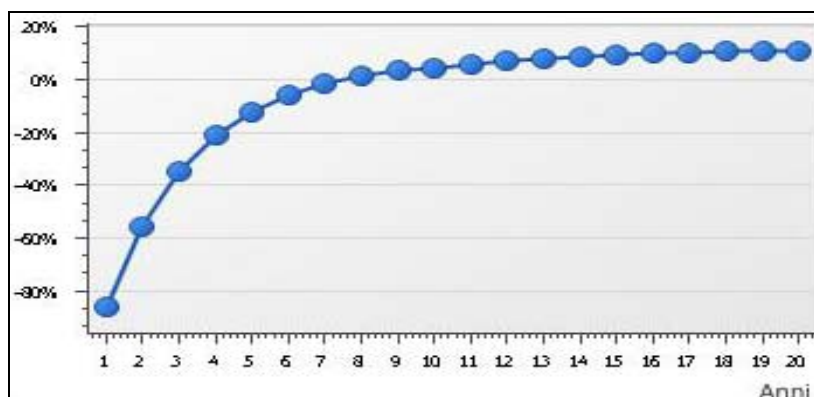


Figura 8 – TIR impianto

Il Payback period risulta infine pari a 8 anni.

6. Conclusioni

Nel presente lavoro sono stati esaminati vari aspetti relativi ad una barriera acustica fotovoltaica installata a protezione di un edificio residenziale sito in prossimità dell'ingresso in galleria in un tratto del raccordo autostradale Perugia – A1.

L'analisi ha evidenziato sia i benefici ottenuti dal punto di vista acustico in corrispondenza dell'abitazione che i benefit economici ed ambientali dovuti all'energia elettrica prodotta dall'impianto fotovoltaico.

Un impianto standard di pari potenza, installato a terra, ha un costo di circa il 35 % in meno rispetto a quello esaminato. La differenza di prezzo iniziale, però, è in parte compensata dal maggior premio riconosciuto al kWh prodotto, in quanto ricadente nella categoria "Impianto integrato" (2° Conto Energia).

Il Payback period, risulta infatti pari a 8 anni, a differenza di un impianto standard dove tale indice è dell'ordine di 7 anni.

Inoltre, il maggior costo di investimento, potrebbe essere cofinanziato dall'Ente gestore della via di comunicazione (in questo caso ANAS), in quanto il sito di intervento ricade in una zona da bonificare, come previsto dal Piano di Risanamento Acustico elaborato dal Comune di Perugia.

7. Bibliografia

- [1] Francesco Asdrubali, Adriano Maraziti, Fabio Pelliccia, Valeria Lazzari, Luca Frezzini, Samuele Schiavoni, *Una metodologia per l'individuazione delle criticità acustiche di una rete di strade regionali*, Associazione Italiana di Acustica 35° Convegno Nazionale, Milano, 11-13 giugno 2008.
- [2] CEI EN 60904-3.
- [3] Delibera EEN 3/08, art. 2.
- [4] Rapporto ambientale ENEL 2008.
- [5] Decreto 19-02-2007: criteri e modalità per incentivare la produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare, in attuazione dell'articolo 7 del decreto legislativo 29 dicembre 2003, n. 387.