

## Scheda tecnica n. 43E – Diffusione di autovetture a trazione ibrida termoelettrica per il trasporto privato di passeggeri.

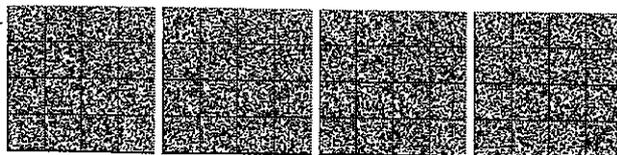
### 1. ELEMENTI PRINCIPALI

#### 1.1 Descrizione dell'intervento

Categoria di intervento <sup>1</sup> :	TRASP) Sistemi di trasporto: efficientamento energetico dei veicoli
Vita Utile <sup>2</sup>	U = 5 anni
Vita Tecnica <sup>2</sup>	T = 10 anni
Settore di intervento:	Trasporto privato
Tipo di utilizzo:	Trasporto passeggeri
<b>Condizioni di applicabilità della procedura</b>	
La presente procedura riguarda il ricorso ad autovetture a trazione ibrida termico-elettrica che integrino un motore a combustione interna con uno o più motori/generatori elettrici alimentati da uno o più sistemi di accumulo elettrico (batterie e/o supercondensatori). Il settore d'intervento è esclusivamente quello privato. La procedura è applicabile solo alle autovetture appartenenti ai segmenti di mercato A,B,C,D (v. Tab. 1).	

#### 1.2 Calcolo del risparmio di energia primaria

Metodo di valutazione <sup>3</sup>	Valutazione standardizzata
Unità fisica di riferimento (UFR) <sup>2</sup> :	autovettura
<b>Risparmio Specifico Lordo (RSL) di energia primaria conseguibile per singola unità fisica di riferimento appartenente al segmento di mercato X:</b>	
$RSL = [CS(VR) - CS(Vibrado)] \cdot P / 10^6 \quad (\text{tep/anno/autovettura})$	
dove:	
P	è la percorrenza annua riportata in Tabella 1 (km/anno)
CS(VR)	è il consumo di energia primaria per unità di percorrenza della autovettura di riferimento, riportato in Tabella 1 ( $10^{-6}$ tep/km)
CS (Vibrado)	è il consumo di energia primaria per unità di percorrenza della autovettura ibrida ( $10^{-6}$ tep/km)
I consumi di energia primaria delle autovetture ibride si calcolano a partire dai consumi in fase d'uso (carburanti ed elettricità) aggiungendo i consumi di energia per la produzione e trasporto dei carburanti.	
Più precisamente il consumo di energia primaria è dato da:	
$CS (Vibrado) = (CS_{ib} / 100 \cdot \rho \cdot P_{ci} \cdot 1000) \cdot (1 + f_{\text{prod-trasp}}) \quad (10^{-6}\text{tep/km})$	
dove:	
$CS_{ib}$ è il consumo di carburante dell'autovettura ibrida dichiarato dal costruttore e pubblicato ogni anno, per tutte le autovetture presenti sul mercato italiano, dal MiSE nella "Guida sul risparmio di carburanti e di emissioni di CO2 delle autovetture" (l/100 km).	
I valori dei coefficienti: $\rho$ , $P_{ci}$ , $f_{\text{prod-trasp}}$ sono riportati in Tabella 2.	



Segmento mercato	CS(VR) 10 <sup>-6</sup> tep/km	P km/anno
A - CITY CAR	40,34	9.000
B - UTILITARIE	43,84	11.000
C - MEDIE	48,31	15.000
D - MEDIO GRANDI	58,07	18.000

Tabella 1: CS(VR) e P delle autovetture di riferimento per segmento

Carburante	$\rho$ kg/l	Pci tep/t carburante	$f_{\text{prod-trasp}}$
benzina	0,745	1,05	0,10
gasolio	0,832	1,02	0,12

Tabella 2: Coefficienti per il calcolo dei CS dei veicoli ibridi

Coefficiente di adicionalità <sup>2</sup> :	$a = 100\%$
Coefficiente di durabilità <sup>2</sup>	$\tau = 1,87$
Quote dei risparmi di energia primaria [tep/a] <sup>2</sup> :	
<b>Risparmio netto contestuale (RNc)</b>	$RNc = a \cdot RSL \cdot N_{\text{UFR}}$
<b>Risparmio netto anticipato (RNa)</b>	$RNa = (\tau - 1) \cdot RNc$
<b>Risparmio netto integrale (RNI)</b>	$RNI = RNc + RNa = \tau \cdot RNc$
Tipo di Titoli di Efficienza Energetica riconosciuti all'intervento <sup>4</sup>	Tipo II

## 2. DOCUMENTAZIONE DA CONSERVARE<sup>5</sup>

Il proponente deve conservare la documentazione relativa alle autovetture dichiarate:

- documenti di vendita e/o acquisto
- documentazione tecnica.

### Note:

1. Tra quelle elencate nella Tabella 2 dell'Allegato A alla deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.
2. Di cui all'articolo 1, comma 1, dell'Allegato A alla deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.
3. Di cui all'articolo 3 della deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.
4. Di cui all'articolo 17 della deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.
5. Eventualmente in aggiunta a quella specificata all'articolo 14, comma 3, dell'Allegato A alla deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.



## Allegato alla scheda tecnica n. 43E: procedura per il calcolo del risparmio di energia primaria

### Premessa

L'obiettivo di questa scheda tecnica è quello di incentivare la vendita di autovetture ibride che integrano un motore a combustione interna con uno o più motori/generatori elettrici alimentati da uno o più sistemi di accumulo elettrico (batterie e/o supercondensatori). Infatti tali autovetture presentano consumi di energia primaria inferiori a quelli delle autovetture a combustione interna, nel seguito indicate come "convenzionali". Il risparmio energetico dell'autovettura ibrida viene calcolato rispetto a un'autovettura "convenzionale" di riferimento appartenente allo stesso segmento di mercato e che risponde allo standard di omologazione delle emissioni di inquinanti in vigore, attualmente EURO5.

La tecnologia dei veicoli stradali negli ultimi anni ha registrato una forte innovazione con notevoli miglioramenti delle prestazioni energetiche. Nel prossimo futuro, per ottemperare agli obblighi imposti dal Regolamento europeo 443/2009 che fissa a 130 gCO<sub>2</sub>/km l'emissione media del venduto nel 2015, le case automobilistiche si trovano di fronte alla necessità di migliorare le prestazioni ambientali e di consumo energetico del proprio parco auto. Una delle strategie attualmente seguite è il miglioramento dell'efficienza energetica dei motori "convenzionali" a benzina, a gasolio ed ibridi. Pertanto vi saranno sicuramente ulteriori sviluppi tecnologici che implicheranno una revisione della scheda non nel suo approccio metodologico, ma nei parametri di riferimento.

### Procedura per il calcolo del risparmio annuo di energia primaria

Il Risparmio Specifico Lordo (RSL) ottenibile dalla vendita di un'autovettura ibrida invece di una con alimentazione tradizionale è determinato dalla differenza tra il consumo specifico (consumo a km) dell'autovettura di riferimento ed il consumo specifico (consumo a km) dell'autovettura ibrida per la quale si sta valutando il risparmio energetico, moltiplicato per la percorrenza annua.

Il veicolo di riferimento viene definito per segmenti di mercato, considerando che le esigenze e preferenze dell'acquirente verso un veicolo non possono essere individuate da una sola caratteristica, quale per esempio la potenza del veicolo, ma da una serie di specifiche che possono essere raccolte e descritte per segmento di mercato.

La procedura di calcolo è applicabile solo alle autovetture appartenenti ai segmenti di mercato A,B,C,D.

Il Risparmio Specifico Lordo (RSL) di energia primaria per l'autovettura ibrida è dato dalla seguente formula:

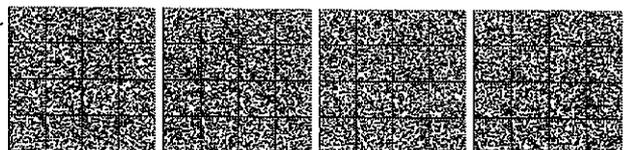
$$RSL = [CS(VR) - CS(Vibrido)] \cdot P / 10^6 \text{ (tep/anno)}$$

Dove:

$CS(VR)$  è il consumo specifico (per km) di energia primaria dell'autovettura di riferimento [10<sup>-6</sup> tep/km]

$CS(Vibrido)$  è il consumo specifico (per km) di energia primaria, dell'autovettura ibrida [10<sup>-6</sup> tep/km]

$P$  è la percorrenza media annua (km/anno) dell'autovettura. Le percorrenze annue per i diversi segmenti di mercato, riportate nella Tabella seguente, sono state stimate come media pesata sul venduto delle percorrenze dei veicoli con diversa alimentazione, appartenenti al segmento in esame. I calcoli sono stati effettuati a partire dai dati dell'inventario delle emissioni stradali di ISPRA [1] e del parco circolante ACI [2].



Le percorrenze sono ipotizzate uguali per la autovettura di riferimento e per l'autovettura ibrida, in quanto il numero di km percorsi dipende dalle abitudini del conducente che si suppone rimangano invariate.

I consumi di energia primaria:  $CS(VR)$  e  $CS(Vibrido)$  si ricavano a partire dai consumi di carburante in fase d'uso aggiungendo anche i consumi di energia per la produzione e trasporto del carburante. Nei paragrafi successivi vengono descritti in dettaglio gli algoritmi di calcolo dei consumi di energia primaria  $CS$  per le autovetture ibride e per quelle "convenzionali".

Segmento	km/anno
A - CITY CAR	9.000
B - UTILITARIE	11.000
C - MEDIE	15.000
D - MEDIO GRANDI	18.000

### Autovetture ibride

Il consumo di energia primaria delle vetture ibride si calcola secondo la seguente formula:

$$CS(Vibrido) = CI \cdot (1 + f_{prod-trasp}) \quad [10^{-6} \text{tep/km}]$$

Dove  $CI$  è dato da:

$$CI = CS_{ib} / 100 \cdot \rho \cdot Pci \cdot 1000 \quad [10^{-6} \text{tep/km}]$$

Dove:

$CS_{ib}$  è il consumo di carburante dell'autovettura ibrida, espresso in l/100km, dichiarato dal costruttore e pubblicato ogni anno, per tutte le autovetture presenti sul mercato italiano, dal MiSE nella "Guida sul risparmio di carburanti e di emissioni di CO2 delle autovetture" [3].

$\rho$  è la densità del carburante espresso in [kg/l] pubblicata nel rapporto dello studio europeo condotto dal JRC [4]

$Pci$  è il potere calorifero inferiore del carburante espresso in [tep/t carburante] e pubblicato nel Bilancio Energetico Nazionale [5]

Nella seguente Tabella si riportano per i diversi carburanti, i valori delle densità e dei poteri calorifici da utilizzare nel calcolo:

carburante	$\rho$ (kg/l)	$Pci$ (tep/t carburante)
benzina	0,745	1,05
gasolio	0,832	1,02

$f_{prod-trasp}$  è il rapporto tra energia primaria utilizzata per produrre e trasportare il carburante e l'energia contenuta nel carburante prodotto, pari a 0,10 per la benzina e 0,12 per il gasolio, come risulta sommando i valori riportati nel rapporto europeo del JRC [6] per le fasi di raffinazione e di trasporto dei carburanti.



### Autovetture di riferimento

I consumi specifici di energia primaria delle autovetture “convenzionali” di riferimento che devono essere utilizzati per il calcolo del risparmio energetico sono riportati nella Tabella 1 della presente scheda per i diversi segmenti di mercato.

Di seguito si descrive la procedura utilizzata per il calcolo di tali valori.

Il consumo di energia primaria  $CS(VR)$  delle autovetture “convenzionali” è dato dalla somma del consumo di energia in fase d’uso  $C(VR)$  e dei consumi di energia per la produzione e trasporto dei carburanti.

Il consumo di carburante  $C(VR)$  è calcolato come media dei consumi delle autovetture vendute nel 2011 e appartenenti allo stesso segmento di mercato della autovettura in esame. Non essendo disponibili dati di consumo disaggregati per segmenti, il calcolo è stato effettuato a partire dai dati di emissione media di  $CO_2$  e del numero di immatricolazioni per alimentazione, pubblicati da UNRAE [7], mediante la seguente formula:

$$C(VR) = Em \cdot \sum_j (Imm_j \cdot Pci_j / FE_j) / T_{imm} \quad [10^{-6} \text{tep/km}]$$

Dove:

$Em$  è l’emissione media di  $CO_2$  delle autovetture appartenenti al segmento di mercato in esame [ $gCO_2/km$ ]

$j$  è il tipo di carburante: benzina, gasolio

$Imm_j$  è il numero di immatricolazioni di autovetture con alimentazione  $j$  del segmento di mercato in esame

$T_{imm}$  è il totale delle immatricolazioni di vetture a benzina e gasolio del segmento di mercato in esame

$Pci$  sono i poteri calorifici inferiori espressi in [ $tep/t$  carburante] di benzina e gasolio, ricavati dal Bilancio Energetico Nazionale [5].

$FE$  sono i fattori di emissione per unità di carburante pubblicati nella Guida degli Inventari delle Emissioni Nazionali della Comunità Europea [8] espressi in  $kg$  di  $CO_2$  per  $kg$  di carburante e riportati nella seguente Tabella:

carburante	FE kg $CO_2$ / kg carb.	Pci tep/t carb.
benzina	3,180	1,05
gasolio	3,140	1,02

L’energia primaria  $CS(VR)$  si ricava dal consumo in fase d’uso  $C(VR)$  secondo la formula:

$$CS(VR) = C(VR) \cdot (1 + f_{prod-trasp}) \quad [10^{-6} \text{tep/km}]$$

Dove:

$f_{prod-trasp}$  è il rapporto tra energia primaria utilizzata per produrre e trasportare il carburante e l’energia contenuta nel carburante prodotto. In questo caso, trattandosi di consumi medi delle vetture nuove a benzina e gasolio per segmento di mercato,  $f_{prod-trasp}$  si ottiene per ogni segmento facendo la media sulle immatricolazioni di benzina e gasolio dei  $f_{prod-trasp}$  specifici, pari a 0,10 per la benzina e 0,12 per il gasolio [4].

I consumi specifici di energia primaria  $CS(VR)$  delle autovetture “convenzionali” di riferimento, così calcolati, sono riportati nella Tabella seguente:



Segmento mercato	CS(VR) (10 <sup>-6</sup> tep/km)
A - CITY CAR	40,34
B - UTILITARIE	43,84
C - MEDIE	48,31
D - MEDIO GRANDI	58,07

### Esempi di calcolo del risparmio annuo di energia primaria

Il Risparmio Specifico Lordo (RSL) di energia primaria conseguibile dall'uso di una autovettura ibrida, benzina-elettrica, piuttosto che una autovettura "convenzionale" è dato da:

$$RSL = (CS(VR) - CS(Vibrido)) \cdot P / 10^6 \text{ [tep/anno]}$$

Il consumo specifico di energia primaria di un' autovettura ibrida appartenente al *segmento C* si ottiene applicando la seguente formula:

$$CS(Vibrido) = (CS_{ib}/100 \cdot \rho \cdot P_{ci} \cdot 1000) \cdot (1 + f_{prod-trasp}) \text{ [10}^{-6}\text{tep/km]}$$

Avendo assunto il consumo specifico in fase d'uso ( $CS_{ib}$ ) pari a 3,8 l/100km e utilizzando i valori di densità, potere calorifero inferiore ed  $f_{prod-trasp}$  riportati per la benzina nella Tabella 2 della scheda si ha:

$$CS(Vibrido) = (3,8 / 100) \cdot 0,750 \cdot 1,05 \cdot 1000 \cdot (1 + 0,10) = 32,92 \text{ [10}^{-6}\text{tep/km]}$$

Il consumo specifico di energia primaria dell'autovettura "convenzionale" CS(VR) è invece quello del *segmento C* riportato in Tabella 1 della scheda, pari a 48,31 10<sup>-6</sup> tep/km.

Il Risparmio Specifico Lordo (RSL) di energia primaria, quindi, considerando che le percorrenze annue del *segmento C* sono di 15.000 km (da Tabella 1 della scheda) è:

$$RSL = (48,31 - 32,92) \cdot 15.000 / 10^6 = 230.850 / 10^6 = 0,231 \text{ tep/anno}$$

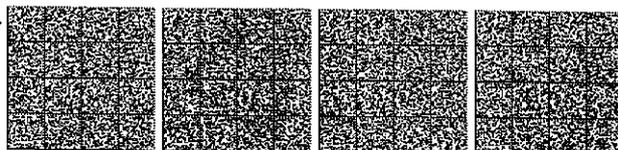
### Il mercato

Il mercato delle vetture ibride non è ancora su larga scala, infatti al 2011 ha rappresentato solo lo 0,3% del venduto. Tuttavia le vendite di autovetture ibride dal 2005 sono in forte crescita, anche se non costante; infatti non sembra che gli incentivi statali del 2007 e 2008 abbiano particolarmente influenzato il mercato, mentre gli incentivi 2009, molto più cospicui, invece, sono probabilmente stati determinanti per portare le vendite sopra le 7000 unità. Nel 2011, comunque, il numero di vetture ibride vendute non è crollato come nel caso di altre tipologie di vetture fortemente incentivate nel 2009, attestandosi sopra i 5000 veicoli.

Va comunque sottolineato che l'offerta di questa tecnologia è ancora limitata, in particolare per quanto riguarda i segmenti di vetture piccole, ma in forte espansione.

### Stima dei risparmi

Il risparmio energetico unitario delle vetture ibride attualmente sul mercato, rispetto al veicolo di riferimento, va dal 13% al 34% che corrisponde ad un risparmio annuo a veicolo compreso tra 0,07 e 0,25 tep/vei-anno, pari a un risparmio sulla vita tecnica tra 0,7 e 2,5 tep/vei.



Il risparmio medio a veicolo dell'80% delle vetture ibride vendute nel 2011 è pari a 2,2 tep/vei che evidenzia la preferenza accordata dagli acquirenti alle auto con migliori prestazioni energetiche. Negli ultimi anni il costo dei veicoli ibridi si è andato rapidamente avvicinando a quello dei corrispondenti veicoli "convenzionali". Attualmente il prezzo delle vetture ibride è di poco superiore alle corrispettive a benzina, tra il 10% e il 15%, differenza che scende a pochi punti percentuali nel confronto con il gasolio.

Il maggior costo di acquisto comunque viene compensato dai minori consumi in fase d'uso; si stima il pay-back-time in un periodo variabile tra i 6 e i 10 anni, essendo funzione della tipologia di veicolo (medio o grande) e quindi della sua percorrenza annua.

### Riferimenti bibliografici

- [1] <http://www.sinanet.isprambiente.it/it/inventaria/Gruppo%20inventari%20locali/datitransporto1990-2010.zip/view>
- [2] ACI: "Autoritratto 2010"  
(<http://www.aci.it/laci/studi-e-ricerche/dati-e-statistiche/autoritratto/autoritratto-2010.html>)
- [3] Ministero dello Sviluppo Economico - Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare – Ministero Infrastrutture e Trasporti: "Guida 2012 al risparmio di carburanti e alle emissioni di CO<sub>2</sub> delle auto"  
([http://www.sviluppoeconomico.gov.it/images/stories/documenti/GUIDA2012\\_CO2.pdf](http://www.sviluppoeconomico.gov.it/images/stories/documenti/GUIDA2012_CO2.pdf))
- [4] JRC: "TANK-TO-WHEELS Report Version 2.c – March 2007"  
([http://ies.jrc.ec.europa.eu/uploads/media/WTW\\_Report\\_010307.pdf](http://ies.jrc.ec.europa.eu/uploads/media/WTW_Report_010307.pdf))
- [5] MiSE: "Bilancio energetico nazionale 2010"  
([http://dgerm.sviluppoeconomico.gov.it/dgerm/ben/ben\\_2010.pdf](http://dgerm.sviluppoeconomico.gov.it/dgerm/ben/ben_2010.pdf))
- [6] JRC: "WELL-TO-TANK Report Version 3.0 November 2008 context - APPENDIX 2 - Description and detailed energy and GHG balance of individual pathways"  
(<http://ies.jrc.ec.europa.eu/jec-research-collaboration/downloads-jec.html>)
- [7] UNRAE: "L'auto 2011" sintesi statistica degli anni 2002 – 2011  
(<http://www.unrae.it/studi-e-statistiche/categorie/sintesi-statistica/item/2362-sintesi-2011>)
- [8] EEA: "EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook – 2009"  
(<http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidebook-2009>)

