

Scheda tecnica n. 42E – Diffusione di autovetture a trazione elettrica per il trasporto privato di passeggeri.

1. ELEMENTI PRINCIPALI

1.1 Descrizione dell'intervento

Categoria di intervento ¹ :	TRASP) Sistemi di trasporto: efficientamento energetico dei veicoli
Vita Utile ²	U = 5 anni
Vita Tecnica ²	T = 10 anni
Settore di intervento:	Trasporti
Tipo di utilizzo:	Trasporto passeggeri
Condizioni di applicabilità della procedura	
La presente procedura promuove la diffusione delle autovetture esclusivamente a trazione elettrica, alimentate da un sistema di accumulo elettrico (batterie) a bordo ricaricabile dalla rete. La procedura è applicabile alle autovetture appartenenti ai segmenti di mercato A,B,C,D.	

1.2 Calcolo del risparmio di energia primaria

Metodo di valutazione ³	Valutazione standardizzata
Unità fisica di riferimento (UFR) ² :	Autovettura elettrica
Risparmio Specifico Lordo (RSL) di energia primaria conseguibile per ogni unità fisica di riferimento appartenente al segmento di mercato X:	
$\text{RSL} = [\text{CS}(\text{VR}) - \text{CS}(\text{VE})] \cdot \text{P} / 10^6 \quad (\text{tep/anno/autovettura})$	
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 (VE)	è il consumo di energia primaria per unità di percorrenza della autovettura elettrica (10^{-6} tep/km)
I consumi di energia primaria delle autovetture elettriche si calcolano a partire dai consumi di elettricità in fase d'uso, aggiungendo i consumi di energia per la produzione e distribuzione di elettricità:	
$\text{CS}(\text{VE}) = (\text{CE} / 100) \cdot f_E \cdot 1000 \quad (10^{-6} \text{tep/km})$	
dove:	
CE è il consumo specifico in fase d'uso, espresso in kWh/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"	
f_E è il coefficiente di conversione da energia elettrica a primaria, pari a 0,142 tep/MWh(*)	
(*) Il coefficiente f_E , qui utilizzato, è il coefficiente di conversione per la produzione di energia elettrica del sistema elettrico italiano che quindi comprende anche le fonti rinnovabili; tale assunzione deriva dal fatto il risparmio di energia primaria in questo caso è dato dalla maggiore efficienza del motore elettrico rispetto al motore termico ad alimentazione convenzionale, e non è un risparmio di energia elettrica. Quindi, per f_E non viene usato il fattore della circolare AEEG, ma il valore viene calcolato a partire dai dati del Rapporto ISPRA 135/2011 "Produzione termoelettrica ed emissione di CO2" (http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sinanet/serie_storiche_emissioni/Fattori%20di%20emissione%20elettrica/view)	

Segmento di mercato	CS(VR) 10 ⁻⁶ 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

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

2. DOCUMENTAZIONE DA CONSERVARE⁵

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, dell'Allegato A alla deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.
4. Di cui all'articolo 17, dell'Allegato A alla deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.
5. Eventualmente in aggiunta a quella specificata all'articolo 14 dell'Allegato A alla deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.

Allegato alla scheda tecnica n. 42E: procedura per il calcolo del risparmio di energia primaria

Premessa

L'obiettivo di questa scheda tecnica è quello di incentivare la vendita di autovetture elettriche; infatti tali autovetture presentano consumi di energia primaria inferiori a quelli delle autovetture a combustione interna, nel seguito indicate come "convenzionali". Il risparmio energetico della autovettura elettrica 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 gCO₂/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. Due sono le strategie attualmente seguite: 1) miglioramento dell'efficienza energetica dei motori "convenzionali" a benzina e a gasolio, 2) "elettrificazione" dei sistemi di trazione.

Pertanto vi saranno sicuramente ulteriori sviluppi tecnologici che implicheranno una revisione periodica della scheda non nel suo approccio metodologico, ma nei parametri di riferimento.

Procedura per il calcolo del risparmio annuo di energia primaria

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

Non essendo sempre presenti sul mercato, per uno stesso modello di autovettura le diverse alimentazioni (benzina, gasolio, elettrica) il risparmio energetico andrà valutato sulla base del segmento di mercato al quale appartiene l'autovettura elettrica dichiarato dal costruttore.

La procedura di calcolo è applicabile alle autovetture appartenenti ai segmenti di mercato A,B,C,D. Il Risparmio di energia primaria per l'autovettura elettrica è dato dalla seguente formula:

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

Dove:

$CS(VR)$ è il consumo specifico di energia primaria dell'autovettura di riferimento [10^{-6} tep/km]

$CS(VE)$ è il consumo specifico di energia primaria, dell'autovettura elettrica [10^{-6} 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 l'autovettura di riferimento e per l'autovettura elettrica, 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 $CS(VE)$ si ricavano a partire dai consumi in fase d'uso (carburanti e elettricità) aggiungendo anche i consumi di energia per la produzione e trasporto dei carburanti e la produzione e distribuzione di elettricità rispettivamente.

Nei paragrafi successivi vengono descritti in dettaglio gli algoritmi di calcolo dei consumi di energia primaria CS per le diverse tipologie di autovetture.

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

Autovetture elettriche

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

$$CS(VE) = (CE / 100) \cdot f_E \cdot 1000 \quad [10^{-6} \text{tep/km}]$$

Dove:

CE è il consumo specifico in fase d'uso, espresso in kWh/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].

f_E è il coefficiente di conversione dell'energia elettrica in energia primaria, attualmente pari a 0,142 tep/MWh (stimato dai dati di produzione di energia elettrica al 2010 [4]).

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 CO₂ e del numero di immatricolazioni per alimentazione, pubblicati da UNRAE [5] mediante la seguente formula:

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

Dove:

Em è l'emissione media di CO₂ delle autovetture appartenenti al segmento di mercato in esame [gCO₂/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

Timm 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 [6].

FE sono i fattori di emissione per unità di carburante pubblicati nella Guida degli Inventari delle Emissioni Nazionali della Comunità Europea [7] espressi in kg di CO₂ per kg di carburante e riportati nella Tabella seguente:

carburante	FE kg CO ₂ per 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 [8].

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 ⁻⁶ 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 di energia primaria conseguibile dalla vendita di una autovettura elettrica piuttosto che una autovettura “convenzionale” è dato da:

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

Il consumo specifico di energia primaria di una autovettura elettrica appartenente *al segmento A* si ottiene applicando la seguente formula:

$$CS(VE) = (CE / 100) \cdot f_E \cdot 1000 \quad [10^{-6} \text{tep/km}]$$

Dove il fattore di conversione f_E è assunto pari a 0,142.

Autovettura elettrica di segmento A

Avendo assunto un consumo specifico in fase d'uso (CE) di 13,5 kWh/100 km si ha:

$$CS(VE) = (13,5 / 100) \cdot 0,142 \cdot 1000 = 19,17 \text{ [} 10^{-6} \text{ tep/km]}$$

Il consumo specifico di energia primaria CS(VR) dell'autovettura "convenzionale" appartenente al *segmento A* è, invece, riportato nella Tabella 1 della scheda ed è pari a $40,34 \cdot 10^{-6}$ tep/km.

Il Risparmio di energia primaria, quindi, essendo le percorrenze annue del *segmento A* uguali a 9.000 km (da Tabella 1 della scheda) è:

$$RSL = (40,34 - 19,17) \cdot 9.000 / 10^6 = 190.530 / 10^6 = 0,191 \text{ tep/anno}$$

Si evidenzia che la procedura per il calcolo del risparmio dell'energia primaria specificata nella scheda e riportata nell'esempio sottostima per difetto il risparmio per le vetture elettriche del *segmento A* e *B*, il cui utilizzo si prevede principalmente in ambito urbano. Infatti per mancanza di dati di consumo delle auto di riferimento sul ciclo urbano, il calcolo è stato effettuato a partire dai consumi sul ciclo misto. Tale assunzione penalizza il veicolo elettrico di piccole dimensioni per il quale l'utilizzo di elezione è l'ambito urbano, dove il funzionamento del motore elettrico è ottimale e dove i consumi diminuiscono grazie al recupero di energia in frenata, al contrario i consumi del motore termico aumentano a causa dalle continue frenate ed accelerazioni.

Autovettura elettrica di segmento C

Avendo assunto un consumo specifico in fase d'uso (CE) di 17,3 kWh/100km si ha:

$$CS(VE) = (17,3 / 100) \cdot 0,142 \cdot 1000 = 24,57 \text{ [} 10^{-6} \text{ tep/km]}$$

Il consumo specifico di energia primaria CS(VR) dell'autovettura "convenzionale" appartenente al *segmento C* è, invece, riportato nella Tabella 1 della scheda ed è pari a $48,31 \cdot 10^{-6}$ tep/km.

Il Risparmio di energia primaria, quindi, essendo le percorrenze annue del *segmento A* uguali a 9.000 km (da Tabella 1 della scheda) è:

$$RSL = (48,31 - 24,57) \cdot 15.000 / 10^6 = 356.100 / 10^6 = 0,356 \text{ tep/anno}$$

Il mercato

Le autovetture elettriche sono ancora una novità nel mercato italiano dell'auto, infatti sono pochissimi i modelli in vendita e per lo più appartenenti al *segmento A* (city-car), anche se è stato annunciato da alcune case automobilistiche la messa a listino a breve di veicoli di cilindrata superiore e con una maggiore autonomia.

Nel 2011 sono state vendute circa 300 autovetture elettriche [9] molte delle quali rientrano in progetti sperimentali e/o sono state acquistate da aziende ed enti locali.

In un panorama europeo e mondiale in cui il processo di standardizzazione è stato appena avviato e la fase di sperimentazione, incoraggiata dalla Commissione Europea e dagli Stati Membri, con diverse politiche incentivanti, non ha ancora portato all'emergere di prospettive di mercato ben definite, si può, comunque, ipotizzare che nel breve periodo, in Italia, non vi sarà una penetrazione consistente di questa tipologia di vetture nel mercato delle vendite, sia per il prezzo di acquisto elevato, di due o tre volte superiore rispetto ai modelli ad alimentazione tradizionale, sia per l'esiguo numero di modelli in vendita, sia per la mancanza di una rete di ricarica diffusa sul territorio.

Stima dei risparmi

I veicoli elettrici hanno consumi in fase d'uso inferiori a quelli dei veicoli con motore a combustione interna: il motore elettrico infatti ha un'efficienza 3-4 volte superiore a quella del motore termico.

Il risparmio energetico in fase d'uso è tale da compensare largamente le perdite che avvengono in fase di produzione e distribuzione dell'energia elettrica; perdite che, pur essendo ancora maggiori di quelle per la raffinazione e distribuzione dei combustibili liquidi e gassosi, si sono molto ridotte nell'ultimo decennio per il miglioramento dell'efficienza del sistema elettrico nazionale.

Il risparmio di energia primaria di un'auto elettrica rispetto al veicolo di riferimento varia tra il 30 ed il 50% in termini percentuali mentre in termini assoluti il risparmio stimato sui veicoli attualmente sul mercato varia tra 0,36 e 0,19 tep/veicolo-anno pari a 3,6 e 1,9 tep nel corso della vita tecnica pari a 10 anni.

Riferimenti bibliografici

- [1] ISPRA: “*Trasporto su strada. Rapporto 124/2010*” (Dati Trasporto 1990 – 2009:
<http://www.sinanet.isprambiente.it/it/inventaria/Gruppo%20inventari%20locali/datitrasporto1990-2010.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 CO₂ delle auto*”
(http://www.sviluppoeconomico.gov.it/images/stories/documenti/GUIDA2012_CO2.pdf)
- [4] ISPRA: “*Rapporto ISPRA 135/2011* (“Produzione termoelettrica ed emissione di CO₂”)
(http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sinanet/serie_storiche_emissioni/Fattori%20di%20emissione%20elettrica/view)
- [5] UNRAE: “*L'auto 2011*” *sintesi statistica degli anni 2002 - 2011*
(<http://www.unrae.it/studi-e-statistiche/categorie/sintesi-statistica/item/2362-sintesi-2011>)
- [6] MiSE: “*Bilancio energetico nazionale 2010*”
(http://dgerm.sviluppoeconomico.gov.it/dgerm/ben/ben_2010.pdf)
- [7] EEA: “*EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook – 2009*”
(<http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidebook-2009>)
- [8] 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>)
- [9] UNRAE: “*Immatricolazioni autoveicoli e fuoristrada - dicembre 2011*”
(<http://www.unrae.it/studi-e-statistiche/categorie/dati-statistici/item/2243-struttura-del-mercato-%E2%80%93-dicembre-2011>)

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 ¹ :	TRASP) Sistemi di trasporto: efficientamento energetico dei veicoli
Vita Utile ²	U = 5 anni
Vita Tecnica ²	T = 10 anni
Settore di intervento:	Trasporto privato
Tipo di utilizzo:	Trasporto passeggeri

Condizioni di applicabilità della procedura
 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 ³	Valutazione standardizzata
Unità fisica di riferimento (UFR) ² :	autovettura

Risparmio Specifico Lordo (RSL) di energia primaria conseguibile per singola unità fisica di riferimento appartenente al segmento di mercato X:

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

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 (Vibrido) 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:

$$\text{CS (Vibrido)} = (\text{CS}_{ib} / 100 \cdot \rho \cdot \text{Pci} \cdot 1000) \cdot (1 + f_{\text{prod-trasp}}) \quad (10^{-6}\text{tep/km})$$

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: ρ , Pci, $f_{\text{prod-trasp}}$ sono riportati in Tabella 2.

Segmento mercato	CS(VR) 10 ⁻⁶ 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	ρ 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 addizionalità ² :	$a = 100\%$
Coefficiente di durabilità ²	$\tau = 1,87$
Quote dei risparmi di energia primaria [tep/a] ² :	
Risparmio netto contestuale (RNc)	$RNc = a \cdot RSL \cdot N_{UFR}$
Risparmio netto anticipato (RN_a)	$RNa = (\tau - 1) \cdot RNc$
Risparmio netto integrale (RNI)	$RNI = RNc + RN_a = \tau \cdot RNc$
Tipo di Titoli di Efficienza Energetica riconosciuti all'intervento ⁴	Tipo II

2. DOCUMENTAZIONE DA CONSERVARE⁵

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 gCO₂/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 [10⁻⁶ tep/km]

$CS(Vibrido)$ è il consumo specifico (per km) di energia primaria, dell'autovettura ibrida [10⁻⁶ 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 $CS(Vibrado)$ 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:

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

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].

ρ 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	ρ (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 CO₂ e del numero di immatricolazioni per alimentazione, pubblicati da UNRAE [7], mediante la seguente formula:

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

Dove:

Em è l’emissione media di CO₂ delle autovetture appartenenti al segmento di mercato in esame [gCO₂/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

Timm 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 CO₂ 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 ⁶ 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:

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

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

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

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:

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

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 10⁻⁶ 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/veicolo-anno, pari a un risparmio sulla vita tecnica tra 0,7 e 2,5 tep/veicolo.

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 CO₂ delle auto"
(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)
- [5] MiSE: "Bilancio energetico nazionale 2010"
(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>)