

Efficienza energetica ed emissioni del sistema Full Hybrid Electric Toyota

2020

Premessa

Il Full Hybrid Electric e l'efficienza energetica

Il *Full Hybrid* è una tecnologia dai vantaggi immediatamente verificabili. Le prove dinamiche effettuate dai clienti presso le concessionarie, ne sono un primo esempio.

Il primo studio condotto sulla Prius IV

Ad Aprile 2016 Toyota ha incaricato il prof. **Fabio Orecchini** - Ordinario di Macchine e Sistemi per l'Energia e l'Ambiente, Direttore del CARE (*Center for automotive research and evolution*) - di condurre uno **studio** per verificare il comportamento energetico dei veicoli *Full Hybrid* di propria produzione, con l'obiettivo - tra gli altri - di **quantificare, con una metodologia scientifica, la percentuale di percorrenza del veicolo a zero emissioni nelle diverse tipologie di percorsi (urbano, autostradale e misto)**.

Lo studio che si è concluso a fine giugno 2016, sulla base delle risultanze di 60 test drive condotti da 20 autisti diversi, ha dimostrato che, mediamente, un veicolo *Full Hybrid* è in grado di funzionare ad emissioni zero (ZEV) fino al **73,2% del tempo** (si tratta della percentuale di tempo e spazio nel quale il veicolo è stato in funzione con motore a combustione interna spento).

Questo valore sale al **79,4%**¹ se si considera il solo **tratto urbano**. Le condizioni di traffico e le caratteristiche di guida dei guidatori sono risultate influenti ai fini della determinazione di questi valori.

La conclusione più importante che possiamo trarre è che la maggior parte dell'energia usata per la *'ricarica delle batterie'* non proviene dal motore termico, bensì viene recuperata dall'energia cinetica delle ruote nelle accelerazioni e decelerazioni.

Lo studio quindi, mette in evidenza quanto il sistema Full Hybrid sia in grado di provvedere al recupero di energia e al suo riciclo e riutilizzo per massimizzare l'efficienza energetica. Il 27,6% dell'energia necessaria per la ricarica della batteria proviene dalle ruote, che recuperano l'energia cinetica che altrimenti andrebbe dispersa. Non solo, quindi, l'ibrido termico-elettrico non necessita di ricarica esterna, ma provvede autonomamente a generare l'energia necessaria al suo funzionamento, per oltre un terzo del suo fabbisogno.

Di seguito, le caratteristiche di ciascun test drive:

- percorso completo: 37 km, 1 ora e 35 min
- tipologia di percorso: urbano, extra – urbano, periferico e urbano ad alto scorrimento



Di seguito, i principali risultati:

¹ Test drive effettuati su PRIUS MY '16 versione Style con cerchi da 17".

	PROVA	Andata	Ritorno	And + Rit	Urbano
ZEVt	73,2%	74,1%	66,6%	70,1%	79,4%
- di cui a veicolo fermo	10,2%	10,1%	14,9%	12,5%	6,2%
- di cui avanzamento senza potenza erogata	50,9%	49,4%	46,7%	48,0%	56,1%
- di cui con trazione solo elettrica	38,9%	40,5%	38,5%	39,5%	37,8%
ZEVS	62,5%	62,2%	57,4%	59,7%	76,3%
- di cui avanzamento senza potenza erogata	49,3%	49,4%	49,0%	49,2%	49,8%
- di cui con trazione solo elettrica	50,7%	50,6%	51,0%	50,8%	50,2%
EVt	58,3%	59,3%	50,4%	54,5%	67,1%
EVS	46,4%	46,0%	41,1%	43,4%	62,9%

Note: ZEV t / s: % del funzionamento a zero emissioni, nel tempo e nello spazio; EV t / s: % del funzionamento in elettrico, nel tempo e nello spazio. Il dato nella colonna PROVA è il risultato percentuale dell'intero percorso.

In sintesi:

- l'analisi evidenzia come nel 73,2% del tempo complessivo della prova, il sistema ibrido (*Full Hybrid*) di ultima generazione della Prius IV, abbia funzionato ad emissioni totali pari a 0. Questa percentuale sale al 79,4% nel tragitto urbano.
- Nel 58,3% del tempo complessivo della prova, la Prius IV ha funzionato come un veicolo elettrico. Questa percentuale sale al 67,1% in contesto urbano.

Inoltre, in termini di consumi reali, l'analisi evidenzia i seguenti risultati:

	PROVA	Andata	Ritorno	And + Rit	Urbano
Consumi chilometrici [l/100km]	3,8	3,3	4,1	3,7	4,2
Consumi chilometrici equivalenti [l/100km]	3,7	3,2	3,7	3,5	4,8
Rendimento globale sistema ibrido	46,3%	50,4%	48,2%	49,1%	39,4%

È interessante evidenziare tra l'altro, il rendimento energetico complessivo del sistema ibrido, pari al 46,3%. Questo rendimento scende al 39,4% in contesto urbano e raggiunge il massimo nel tratto 'andata', pari al 50,4%, tratto che comprende un percorso 'extraurbano' a scorrimento veloce, come il Grande Raccordo Anulare di Roma (GRA).

A questo proposito, è importante evidenziare la composizione dei flussi energetici del sistema di trazione così rappresentato:

- 61,2% energia dal motore termico
- 27,6% energia da frenata rigenerativa
- 11,3% energia prodotta dal motore elettrico

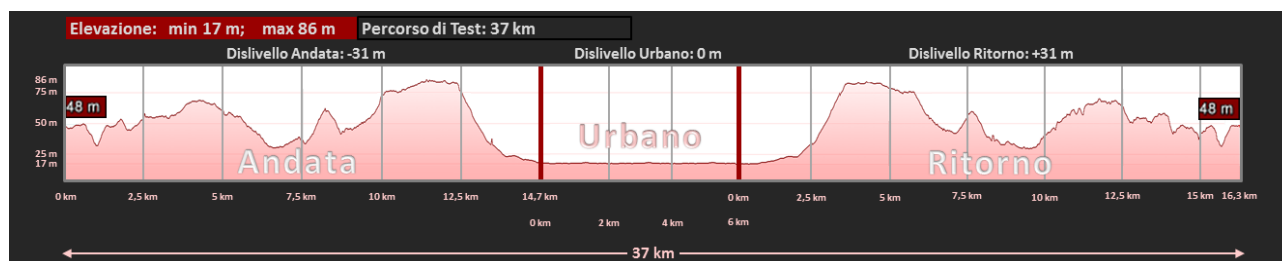
Questo dimostra quanto l'ibrido di ultima generazione (*Full Hybrid*), non solo non abbia bisogno di ricarica esterna, ma sia anzi in grado di provvedere autonomamente al proprio fabbisogno energetico per oltre un terzo del necessario, recuperando energia che andrebbe altrimenti dispersa.

Il secondo studio condotto sulla Yaris

Toyota ha replicato lo studio, a fine 2017, su un altro modello di auto, la Yaris². Anche in questo caso, è stato condotto dal CARE, ma insieme ad **ENEA**, collaborazione promossa dal Ministero dell'Ambiente. Nello studio sulla Yaris è stata applicata la medesima metodologia di quello eseguito sulla Prius. Era importante per l'azienda verificare anche il comportamento del modello più venduto e più alla portata dei cittadini, in modo da valorizzare ancora di più il contributo reale che la diffusione di questa tecnologia può dare alla riduzione dei consumi ed alla qualità dell'aria. Nel dettaglio, sono stati effettuati 42 test drive, svolti in un periodo di tempo di circa un mese e mezzo, e sono stati acquisiti dati relativi ad oltre 1.500 km di percorrenza per un totale di oltre 95 ore.

Dalle 42 prove effettuate, da 14 autisti sul percorso definito, è risultato che, in media, il veicolo funziona per il **67,6%** del tempo in ZEV. Questo valore sale al **75,4%** nel tratto urbano. Il veicolo ha funzionato a trazione esclusivamente elettrica (EV) per il 40% del tempo in cui vi è stata erogazione di potenza. Da questa percentuale, sono stati esclusi il tempo e lo spazio percorsi sempre a zero emissioni, ma senza che il motore termico erogasse potenza.

Anche nel caso del test sulla Yaris, il percorso è stato caratterizzato in funzione delle pendenze di percorrenza per la tratta Andata. Il dislivello nel Tratto Andata (tra inizio prova e fine andata-entrata Tratto Urbano) è di 31 m (analogo al Tratto Ritorno tra uscita Tratto Urbano-inizio- e fine ritorno).



Di seguito, i principali risultati:

	PROVA	Andata	Ritorno	And+Rit	Urbano
ZEVt	67,6%	66,4%	60,9%	63,4%	75,4%
▪ di cui a veicolo fermo	22,8%	23,9%	31,1%	27,6%	15,2%
▪ di cui avanzamento senza potenza erogata	49,4%	44,7%	41,6%	43,1%	59,5%
▪ di cui con trazione solo elettrica	27,8%	31,4%	27,3%	29,3%	25,3%
ZEVS	40,4%	37,7%	32,9%	35,2%	65,4%
▪ di cui avanzamento senza potenza erogata	45,6%	43,6%	41,6%	42,6%	53,4%
▪ di cui con trazione solo elettrica	54,4%	56,4%	58,4%	57,4%	46,6%
EVt	40,0%	40,6%	32,4%	36,2%	49,8%
EVS	27,7%	26,0%	22,7%	24,4%	49,9%

Note: ZEV t / s: % del funzionamento a zero emissioni, nel tempo e nello spazio; EV t / s: % del funzionamento in elettrico, nel tempo e nello spazio. Il dato nella colonna PROVA è il risultato percentuale dell'intero percorso.

² Modello Yaris 1.5 Hybrid

In sintesi:

- l'analisi evidenzia come nel 67,6% del tempo complessivo della prova, il sistema ibrido (Full Hybrid) di ultima generazione della Yaris 1.5 Hybrid abbia funzionato ad emissioni totali pari a 0. Questa percentuale sale al 75,4% nel tragitto urbano.
- Nel 40,0% del tempo complessivo della prova, la Yaris 1.5 Hybrid ha funzionato come un veicolo elettrico. Questa percentuale sale al 49,9% in contesto urbano.

Inoltre, in termini di consumi reali, l'analisi evidenzia i seguenti risultati del sistema *Full Hybrid* della Yaris:

	PROVA	Andata	Ritorno	And+Rit	Urbano
Consumi chilometrici [l/100km]	4,7	4,2	5,0	4,6	5,3
Consumi chilometrici equivalenti [l/100km]	4,6	4,2	4,7	4,5	5,3
Rendimento globale sistema	38,1%	39,3%	40,2%	39,8%	31,2%

Impatto dell'ibrido termico-elettrico sull'ambiente

Questa tabella paragona, in termini di emissioni di CO₂ e consumi, tra alcuni modelli Toyota ibridi e non ibridi. Ciò permette un confronto puntuale e coerente tra vetture della medesima tipologia; la comparazione tiene conto delle caratteristiche tecniche (peso, allestimenti, etc.) decisive per emissioni e consumi.

	Emissioni CO ₂	CONSUMI		
		Urbano l/100km	Extraurb. l/100km	Combinato l/100km
YARIS HYBRID	84	3,5	3,6	3,7
YARIS 1.0	104	5,3	4,1	4,6
YARIS 1.5	102	5,2	4,1	4,5
C-HR HYBRID 1.8	86	3,2	4,2	3,8
C-HR HYBRID 2.0	92	3,7	4,2	4,0
C-HR 1.2	138	7,3	5,3	6,0

Fonte: Dati rilevati in sede di Omologazione Europea (valori NEDC Correlati)

Altrettanto significativo è il beneficio ambientale che i veicoli *Full Hybrid* Toyota sono in grado di garantire grazie al basso livello di emissione di gas inquinanti. Le tabelle seguenti riportano le emissioni di inquinanti, nocivi per la salute umana, rispetto ai limiti massimi previsti dalla normativa vigente per motorizzazioni a benzina e diesel (indispensabili per una valutazione comparativa).

	Yaris Hybrid	Limiti Euro 6	
		Benzina	Diesel (rif.)
CO (mg/km)	209,0	1000	500
THC (mg/km)	16,2	100	-
NMHC (mg/km)	14,6	68	-
NOx (mg/km)	4,7	60	80
PM (mg/km)	N/A	4,5	4,5

	Corolla Hybrid 1.8	Limiti Euro 6	
		Benzina	Diesel (rif.)
CO (mg/km)	104,8	1000	500
THC (mg/km)	12,4	100	-
NMHC (mg/km)	9,3	68	-
NOx (mg/km)	3,0	60	80
PM (mg/km)	N/A	4,5	4,5

	Corolla Hybrid 2.0	Limiti Euro 6	
		Benzina	Diesel (rif.)
CO (mg/km)	188,2	1000	500
THC (mg/km)	22,3	100	-
NMHC (mg/km)	19,2	68	-
NOx (mg/km)	4,0	60	80
PM (mg/km)	0,34	4,5	4,5

	Prius	Limiti Euro 6	
		Benzina	Diesel (rif.)
CO (mg/km)	118,2	1000	500
THC (mg/km)	14,1	100	-
NMHC (mg/km)	12,1	68	-
NOx (mg/km)	2,6	60	80
PM (mg/km)	N/A	4,5	4,5

	Prius 4WD	Limiti Euro 6	
		Benzina	Diesel (rif.)
CO (mg/km)	91,8	1000	500
THC (mg/km)	11,3	100	-
NMHC (mg/km)	9,8	68	-
NOx (mg/km)	2,5	60	80
PM (mg/km)	N/A	4,5	4,5

	Prius +	Limiti Euro 6	
		Benzina	Diesel (rif.)
CO (mg/km)	172,5	1000	500
THC (mg/km)	13,8	100	-
NMHC (mg/km)	11,8	68	-
NOx (mg/km)	2,6	60	80
PM (mg/km)	N/A	4,5	4,5

	RAV 4 Hybrid 2WD	Limiti Euro 6	
		Benzina	Diesel (rif.)
CO (mg/km)	175,1	1000	500
THC (mg/km)	17,2	100	-
NMHC (mg/km)	14,3	68	-
NOx (mg/km)	3,0	60	80
PM (mg/km)	0,13	4,5	4,5

	RAV 4 Hybrid 4WD	Limiti Euro 6	
		Benzina	Diesel (rif.)
CO (mg/km)	169,2	1000	500
THC (mg/km)	17,3	100	-
NMHC (mg/km)	14,3	68	-
NOx (mg/km)	2,8	60	80
PM (mg/km)	0,15	4,5	4,5

	C-HR Hybrid 1.8	Limiti Euro 6	
		Benzina	Diesel (rif.)
CO (mg/km)	69,8	1000	500

THC (mg/km)	11,0	100	-
NMHC (mg/km)	8,7	68	-
NOx (mg/km)	3,6	60	80
PM (mg/km)	N/A	4,5	4,5

	C-HR Hybrid 2.0	Limiti Euro 6	
		Benzina	Diesel (rif.)
CO (mg/km)	190,5	1000	500
THC (mg/km)	19,9	100	-
NMHC (mg/km)	17,2	68	-
NOx (mg/km)	4,9	60	80
PM (mg/km)	0,16	4,5	4,5

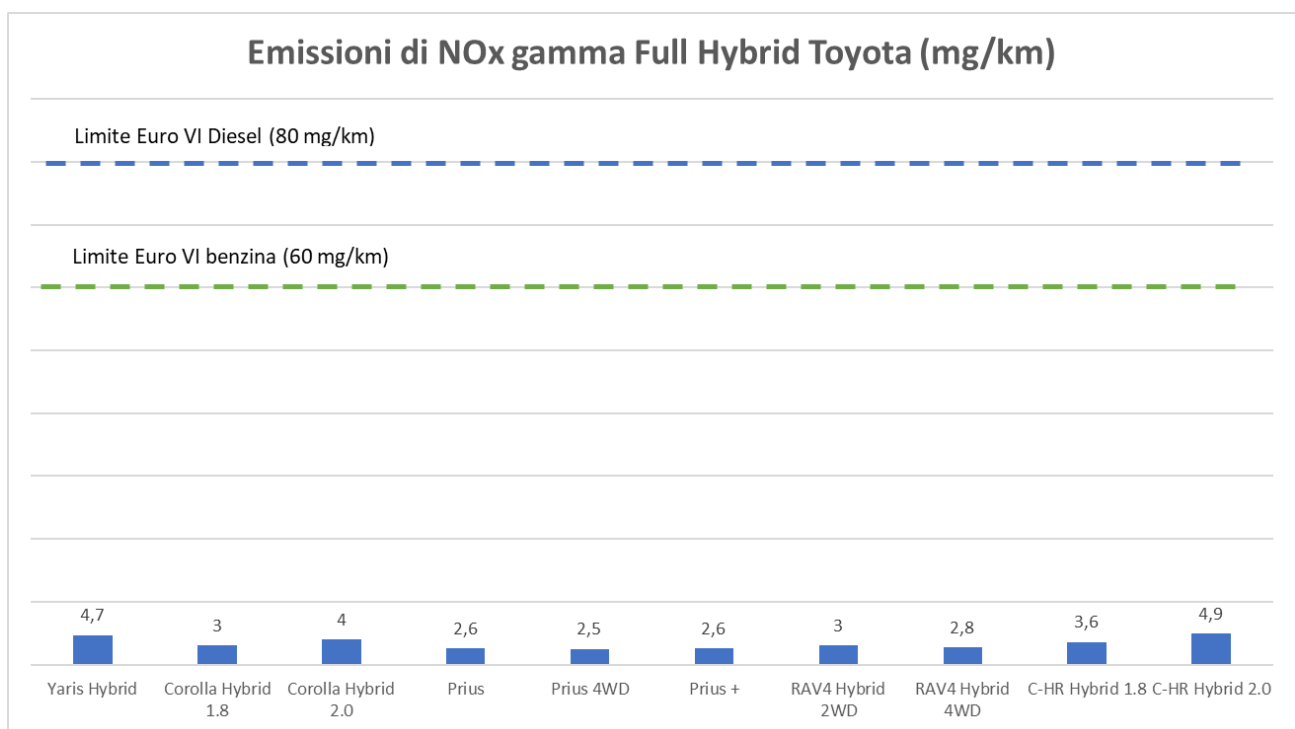
Fonte: I dati delle tabelle di pp. 5-6 sono rilevati con procedura di prova WLTP

Legenda: CO = monossido di carbonio; THC = idrocarburi totali; NMHC = idrocarburi non metanici; NOx = ossidi di azoto; PM = Particolato.

Per alcune tipologie di inquinanti il livello di emissioni è inferiore di oltre il 90% rispetto al limite previsto dalla normativa. Da ciò possono derivare benefici significativi per la qualità dell'aria con ripercussioni importanti sul complesso degli interventi finalizzati alla riduzione delle concentrazioni degli inquinanti atmosferici (soprattutto dove si verifica il superamento dei valori limite per uno o più inquinanti).

Un focus sugli NOx

La gamma Toyota Full Hybrid, in termini di emissioni, si colloca bene al di sotto dei limiti NOx fissati per legge per gli Euro VI.



È di fondamentale importanza evidenziare che i sistemi ibridi Toyota emettono quantità molto basse di Ossidi di azoto (NOx) emissioni particolarmente nocive per la salute umana. Lo sfioramento della soglia dei limiti in molte città italiane ha costretto molte amministrazioni ad emettere provvedimenti di blocchi e restrizione del traffico.