

ISSN 2282-6599

Anno 2018

Numero 3

R.E.P.O.T



SIET

Rivista Scientifica della Società
Italiana di Economia dei Trasporti e della
Logistica

C'È MERCATO PER I TAXI ELETTRICI IN ITALIA?

Mariangela Scorrano^{1*}

¹ *Dipartimento di Scienze Economiche, Aziendali, Matematiche e Statistiche
Università degli Studi di Trieste*

Riassunto

Il lavoro presenta un modello di Costo Totale di Possesso per valutare la competitività in Italia dei taxi elettrici rispetto ai due sistemi di propulsione maggiormente utilizzati dai tassisti: l'ibrido e il diesel. Stimiamo in particolare il prezzo di listino di break-even, utilizzando dati reali raccolti attraverso interviste ai tassisti fiorentini. Dai nostri risultati emerge come i taxi elettrici rappresentino già, almeno nelle grandi città, valide alternative ai taxi convenzionali non solo dal punto di vista ambientale ma anche da quello economico. In particolare, anche senza incentivi finanziari e considerando percorrenze annuali facilmente raggiungibili dai tassisti, i taxi elettrici risultano già competitivi rispetto ai diesel e quasi competitivi rispetto agli ibridi. Realizziamo inoltre analisi di sensitività per testare la sensibilità dei risultati ottenuti alla distanza annuale percorsa, alla quota di viaggi urbani o extraurbani e alle abitudini di ricarica (a casa, o presso stazioni pubbliche, ed in che misura).

Parole Chiave: veicoli elettrici, taxi, Costo Totale di Possesso

* Autore a cui spedire la corrispondenza: Mariangela Scorrano (mscorrano@units.it)

1 Introduzione

In uno scenario caratterizzato dalla crescente urbanizzazione e necessità di mobilità, diventa sempre più rilevante il ruolo delle città quale terreno su cui affrontare la sfida al riscaldamento globale. Sono tante le città europee che si trovano a fare i conti con la scarsa qualità dell'aria e le crescenti emissioni di gas serra, ascrivibili soprattutto al trasporto su strada¹, ma aumenta al tempo stesso anche la sensibilità verso il tema e la consapevolezza dell'urgenza di intervenire. Arrivare ad un trasporto, sia pubblico che privato, che rispetti l'ambiente e non produca emissioni nocive è un obiettivo fortemente voluto anche a livello comunitario². L'uso di carburanti e sistemi di propulsione alternativi rispettosi dell'ambiente sembra essere una strategia chiave per puntare ad un sistema di trasporto sostenibile, ed i veicoli elettrici a batteria (VE) si stanno imponendo sempre più come una valida soluzione. Il loro prezzo d'acquisto, tuttavia, è in media ancora molto più alto di quello dei veicoli ibridi o con motore a combustione interna e ciò rappresenta uno dei principali deterrenti alla loro diffusione. Molti consumatori, infatti, guardando soltanto a questo indicatore immediatamente percepibile, tendono a sottostimare i risparmi a lungo termine generati dai costi operativi molto più bassi dei veicoli elettrici (Breetz e Salon, 2018; Allcott e Wozny, 2014; Krause et al., 2013). Per questo motivo, la letteratura (ad es. Wu et al., 2015; Dumortier et al., 2015; Scorrano et al., 2017), alcuni siti web³ e anche case automobilistiche⁴ che stanno investendo nelle auto elettriche, propongono di utilizzare il concetto di costo totale di possesso (CTP). Esso, tenendo conto di tutti i costi attuali e futuri legati all'acquisto e alla gestione di un veicolo, è infatti considerato un indicatore più adeguato che un consumatore razionale dovrebbe considerare al momento di decidere quale veicolo acquistare. La stima di questo indicatore, comunque, non è priva di difficoltà e di incertezze (Scorrano et al., 2019), legate a variabili economiche (es. prezzo del carburante/energia, valore di rivendita del veicolo, costi di sostituzione della batteria nel caso dei VE), tecniche (es. efficienza del veicolo in condizioni di traffico reale, a diverse velocità e in condizioni climatiche diverse) e politiche. Nel caso dei VE, in particolare, tre sono le principali variabili che ne influenzano il costo al chilometro: l'intensità d'uso del veicolo misurato dalla percorrenza media annuale, la tipologia di viaggi realizzati (urbani o extraurbani), e la disponibilità di un posto auto privato (es. garage) in cui poter ricaricare il veicolo a prezzi più contenuti rispetto a quelli applicati alle stazioni di ricarica pubbliche. I veicoli elettrici, infatti, sono più efficienti rispetto a quelli convenzionali nel traffico urbano, caratterizzato da frequenti accelerazioni e fermate e ripartenze, ma meno nei viaggi extraurbani⁵, ed i risparmi in termini di costi operativi (in particolare consumi di elettricità e manutenzione) aumentano in media all'aumentare delle percorrenze annuali. Pertanto a trarre i maggiori benefici economici dall'acquisto di un'auto elettrica sono gli automobilisti che percorrono lunghe distanze annuali soprattutto in contesti urbani, e che hanno la possibilità di ricaricare il veicolo presso la propria abitazione. Il settore dei taxi, in particolare, è quello che più di altri ha tutte le pre-condizioni per sfruttare al meglio i vantaggi dei VE, e non solo da un punto di vista dei costi privati (Hagman and Langbroek, 2019; Kochhan, 2017). I taxi elettrici, infatti, possono contribuire a ridurre i costi sociali soprattutto nelle aree urbane congestionate, data l'assenza di emissioni di inquinanti atmosferici in fase d'uso. Senza contare poi la loro silenziosità, sinonimo di minor inquinamento acustico, ma anche di maggior comfort non solo per i professionisti del settore, ma anche per i clienti. L'adozione dei veicoli elettrici per il servizio taxi ha poi

¹ <https://www.eea.europa.eu/it/themes/transport/intro>

² https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/docs/pages/initiative_10_mobility_en.pdf

³ Ad esempio <https://www.vaielettrico.it/il-prezzo-di-listino-toglitelo-dalla-testa/>;
<https://thedriven.io/2019/02/13/electric-vehicles-now-cheaper-to-own-than-petrol-diesel-cars-in-europe/>;
<https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/e-mobilitaet/kaufen/elektroauto-kostenvergleich/>

⁴ Ad esempio <https://corporate-sales.nissan.co.uk/fleet-cars/tools/tco/full/passenger>

⁵ Dai dati riportati in Tabella A1 si evince che il consumo chilometrico per i veicoli diesel è più elevato in ambito urbano rispetto a quello in contesti extraurbani, mentre l'opposto vale per i veicoli elettrici.

ulteriori effetti positivi. Il tassista vive ed utilizza il mezzo di lavoro anche in ambito personale, definendosi come tester ideale per qualsiasi modello di auto. Da un punto di vista tecnico, quindi, i taxi elettrici possono rappresentare un utile test per i produttori di VE. Percorrendo distanze molto più lunghe rispetto ai privati (in Italia, 40 mila km all'anno a Firenze contro una media nazionale dei privati di circa 12,5 mila km⁶), permetterebbero di verificare l'affidabilità del veicolo e la bontà delle prestazioni (in termini di efficienza energetica, degrado della batteria, ecc.). Nella maggior parte dei casi in cui il servizio taxi si è convertito all'elettrico, poi, le adozioni di tali veicoli sono state supportate dai Comuni con l'installazione di reti di ricarica dedicate: in altri termini, i taxi possono fungere da prova generale in scala ridotta di quel che potrebbe essere la mobilità globale del futuro. Inoltre la diffusione di taxi elettrici avrebbe anche il vantaggio di rendere visibile il veicolo elettrico e farlo pian piano conoscere alle persone, a quei numerosi clienti che un tassista trasporta nell'arco delle sue giornate lavorative, e ai cittadini che lo vedono circolare. Questo è un aspetto molto rilevante in paesi come l'Italia che hanno un tasso di penetrazione di veicoli elettrici ancora molto basso (Giansoldati et al., 2019).

In molte città, europee e non, sono attualmente in corso numerosi esperimenti volti a favorire la penetrazione dei veicoli elettrici per il servizio taxi. Particolarmente attenta alla mobilità elettrica è la Cina, dove la posizione del governo è decisamente forte (Yang et al., 2018; Wang et al., 2015). Nella città di Shenzhen all'inizio del 2019 la quasi totalità (il 99%) dei 21.689 taxi era elettrico. Taiyuan ha esclusivamente taxi elettrici già dal 2016⁷. New York ha lanciato piani per sostituire un terzo dell'attuale flotta di taxi con auto elettriche offrendo sussidi diretti ai tassisti (NYC Taxi & Limousine Commission, 2013). Anche in Europa il mercato dei taxi elettrici si sta espandendo: Olanda, Regno Unito e Spagna sono i tre maggiori mercati del settore⁸. Anche l'Italia si sta muovendo in questa direzione, anche se ad oggi, su 60mila professionisti che operano nel nostro Paese, la percentuale di tassisti con un'auto completamente elettrica è ancora molto bassa. Diversi sono comunque i progetti in atto volti a favorire anche nel settore dei taxi una mobilità più sostenibile. L'Unione dei Radiotaxi d'Italia (URI) ha sottoscritto un impegno che prevede che almeno il 50% dei nuovi veicoli che entreranno a far parte della flotta dovranno emettere meno di 60 gr di CO₂/km entro il 2020 e il 100% dei nuovi veicoli dovranno emettere meno di 20 gr di CO₂/km entro il 2030⁹. Il 50% dei taxi attualmente in circolazione sono già ibridi e vi sono anche diversi taxi elettrici. Dal 2013 è attivo il progetto "Via col verde"¹⁰ con cui sono stati messi in servizio i primi due taxi elettrici in una città come Roma da sempre alle prese con il problema dell'inquinamento. Si tratta chiaramente di un primo passo se si considera che nella capitale circolano quasi 8.000 taxi (7.705 taxi nel 2016)¹¹. Questo progetto pilota si è progressivamente esteso ad altre città. Firenze ne è la capofila, dimostrando di essere ad oggi la città più sensibile ai temi ambientali. L'amministrazione comunale, infatti, sta portando avanti una serie di azioni mirate al passaggio all'elettrico di una parte significativa degli spostamenti, in particolare nelle aree a traffico limitato. Le misure adottate riguardano nuove stazioni di ricarica, app dedicate, car sharing elettrico, aumento dei mezzi elettrici nelle flotte pubbliche (Parenti, 2016). Inoltre, per implementare il servizio pubblico, il Comune di Firenze ha indetto nel 2017 un concorso per l'assegnazione di 70 nuove licenze

⁶https://www.quattroruote.it/news/curiosita/2017/12/06/italiani_in_auto_aumentano_i_km_percorsi_e_il_tempo_trascorso_alla_guida.html

⁷<http://www.rinnovabili.it/mobilita/shenzhen-2019-solo-taxi-elettrici/>

⁸ Info ai link: <https://evobsession.com/madrid-getting-largest-electric-car-taxi-fleet-world/> e <https://www.levc.com/corporate/news/500-electric-taxis-in-london/>

⁹<https://www.iltempo.it/3570-news/2016/11/29/news/un-impegno-preciso-per-la-riduzione-delle-emissioni-nocive-entro-il-2020-1023934/>

¹⁰<https://www.uri-unioneradiotaxi.it/uri/nissan-leaf-i-primi-taxi-elettrici-di-italia-realizzati-con-uri/>

¹¹http://www.agenzia.roma.it/home.cfm?nomepagina=setteore&id_setteore=11

per taxi a propulsione completamente elettrica¹², dotandosi al contempo di strutture adeguate per la ricarica fast, cosa che invece a Roma e in altre città ancora manca. Bologna, seguendo l'esempio di Firenze, ha emesso un bando per 36 nuove licenze taxi, di cui 30 destinate obbligatoriamente ai veicoli elettrici¹³. Il Comune inoltre si è impegnato ad erogare contributi agli operatori intenzionati a sostituire il proprio mezzo con un'auto elettrica. A Torino, un accordo tra Taxi Torino con l'operatore milanese Evway prevede per tutti i tassisti con un'auto elettrica la ricarica gratuita per un intero anno¹⁴, certamente un buon incentivo per convertirsi alle emissioni zero. Recentemente, il Comune di Milano¹⁵ ha avanzato una proposta di 500 nuove licenze taxi, tutte destinate a veicoli elettrici, con la possibilità di seconde guide e il taxi sharing. Il bando avrebbe il duplice intento di svecchiare il parco macchine e contribuire ad un ulteriore contenimento delle emissioni inquinanti, in una città già molto impegnata in tal senso. Qualora il bando per le 500 licenze taxi elettriche dovesse essere approvato (e attuato), Milano diventerebbe quindi la città leader in Italia sulla sostenibilità delle flotte cittadine.

Al di là, però, di alcuni esperimenti specifici la penetrazione dei taxi elettrici in Italia è ancora molto bassa. I limiti di autonomia e la conseguente necessità di dover ricaricare frequentemente, e soprattutto la mancata diffusione e capillarità delle stazioni di ricarica rappresentano un importante limite per i tassisti, che temono ripercussioni sui loro introiti. Ma i prezzi di acquisto dei veicoli elettrici ancora troppo alti rimangono la barriera più importante. Attraverso la formulazione di un modello di costo totale di possesso, pertanto, questo contributo si propone di individuare il prezzo di acquisto di break-even per i taxi elettrici, ovvero il prezzo di listino che renderebbe i taxi elettrici equivalenti - e quindi poi convenienti - rispetto ai principali sistemi di propulsione utilizzati per il servizio taxi, ovvero il diesel e l'ibrido. Attraverso delle analisi di sensitività, inoltre, il lavoro mostra l'impatto sui risultati ottenuti dell'intensità d'uso del veicolo, della tipologia di corse realizzate (urbane vs. extraurbane), e della percentuale di ricariche presso la propria abitazione. I risultati ottenuti possono essere di grande interesse innanzitutto per i decisori pubblici: se l'obiettivo è favorire l'elettromobilità, le singole municipalità potrebbero decidere di trasformarsi in città dai trasporti a zero emissioni, magari puntando anche sul ritorno di immagine che potrebbero ricavarne, iniziando a convertire il parco auto destinato al servizio taxi (un connubio di servizio pubblico e trasporto privato) in altrettanti veicoli elettrici colmando il gap di prezzo rispetto ai veicoli a combustione interna con incentivi di tipo monetario, o potrebbero prevedere infrastrutture di ricarica dedicate con prezzi vantaggiosi e competitivi con quelli domestici. Gli stessi tassisti possono utilizzare i risultati del lavoro per accrescere la propria consapevolezza sui reali costi di possesso di un veicolo elettrico e sui risparmi che possono essere accumulati nonostante il divario iniziale di prezzo.

2 Il Costo Totale di Possesso ed il prezzo di break-even

L'acquisto, la gestione e la manutenzione di un taxi comporta diversi tipi di costi. In questo contributo consideriamo solo i costi monetari privati, tralasciando pertanto i costi non monetari (autonomia, tempo di ricarica, presenza di infrastrutture di ricarica, ecc.) e quelli sociali (esternalità negative in termini di emissioni inquinanti). Un indicatore spesso utilizzato per sintetizzare il costo complessivo di un veicolo durante il suo periodo d'uso è il cosiddetto costo totale di possesso (CTP). Esso può essere calcolato come somma dei costi iniziali sostenuti per l'acquisto del veicolo e dei costi operativi variabili durante il periodo di possesso, al netto del valore residuo al momento della vendita. Si tratta tuttavia

¹² <http://www.regione.toscana.it/documents/10180/13455303/PARTE+III+n.+22+del+01.06.2016.pdf/8448057a-1b16-4d23-a272-90103ad01d79>

¹³ http://www.comune.bologna.it/media/files/bando_licenze_taxi.pdf

¹⁴ <https://www.vaielettrico.it/torino-per-gli-e-taxi-il-pieno-e-gratis-offre-evway/>

¹⁵ <https://www.comune.milano.it/-/taxi-licenze-sharing-seconde-guide-e-monitoraggio-il-piano-del-comune-per-equilibrare-domanda-e-offerta>

di importi monetari che si manifestano in periodi temporali diversi: i costi iniziali sono interamente versati al momento dell'acquisto del veicolo o in parte rateizzati in caso di accensione di un finanziamento, i costi operativi sono sostenuti annualmente durante il periodo di possesso, ed il valore residuo si manifesta solo al momento della rivendita del veicolo. Pertanto possono essere confrontati o combinati soltanto se riferiti allo stesso istante temporale.

In particolare, considerando come istante di riferimento quello in cui avviene l'acquisto del veicolo, il CTP può essere espresso in termini annuali nel modo seguente:

$$CTP = \frac{(MSRP - RD - SUB) \cdot TAEG}{1 - (1 + TAEG)^{-T}} + (RC + HC) \cdot CRF + \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \frac{AOC_t}{(1+i)^t} - \frac{RV}{(1+i)^T} \cdot CRF \quad (\#1)$$

Il primo addendo rappresenta l'importo annuale da pagare per l'acquisto del veicolo (prezzo al dettaglio suggerito dal produttore, MSRP, al netto dello sconto del rivenditore, RD, e degli incentivi monetari governativi, SUB) nel caso in cui tale importo non sia versato in un'unica soluzione al venditore, ma venga finanziato con denaro preso in prestito ad un dato TAEG per il periodo di possesso del veicolo, pari a T anni, e quindi rateizzato.

Il secondo addendo contiene il valore annualizzato di due ulteriori componenti del costo iniziale: il costo di immatricolazione (RC) e, nel caso di veicoli elettrici, il costo per l'acquisizione e l'installazione delle attrezzature di ricarica domestiche, ad es. wall-box, (HC). CRF indica il fattore di recupero del capitale, pari a $(i(1+i)^T)/((1+i)^T - 1)$.

Il terzo addendo rappresenta il costo operativo medio annuale. I costi annuali variabili AOC includono tutti i costi sostenuti durante il periodo di possesso T del veicolo, che variano in base al sistema di propulsione e alla distanza annuale percorsa. Ogni anno $t \in [1, T]$, i costi da sostenere comprendono il bollo (tassa di circolazione CT), il premio assicurativo (INS), i costi di riparazione e manutenzione (MAINT), ed i costi per consumo di carburante/elettricità (FE):

$$AOC_t = CT_t + INS_t + MAINT_t + FE_t$$

I costi annuali per carburante/elettricità dipendono fortemente dall'efficienza del veicolo (FE_E) e dal prezzo del carburante/energia elettrica (FE_P). Il primo fattore (FE_E) è influenzato da molte variabili, tra cui le più rilevanti sono il tipo di tragitto percorso (urbano o extraurbano) e, soprattutto nel caso di veicoli elettrici, le temperature esterne. In particolare, le auto elettriche si rivelano molto più performanti ed efficienti – registrando consumi minori – in contesti urbani, con continue fermate e ripartenze ed accelerazioni, ma l'efficienza della batteria peggiora con temperature esterne estreme, molto calde o molto fredde. Pertanto, FE_E si può esprimere come:

$$FE_E = \gamma \cdot (\alpha \cdot FE_{urb} + (1 - \alpha) \cdot FE_{exturb})$$

dove γ è il fattore di aggiustamento climatico, FE_{urb} e FE_{exturb} indicano rispettivamente i consumi in contesti urbani ed extraurbani, ed α è la percentuale di spostamenti in contesti urbani.

Per i taxi elettrici, il prezzo dell'elettricità varia in base al luogo in cui la ricarica avviene: tipicamente sarà più alto se si utilizzano le colonnine pubbliche, sarà più contenuto se si dispone di un posto auto privato (es. garage) presso il quale poter installare una wall box, ed ancora più basso se si dispone ad es. di un impianto fotovoltaico per la produzione di energia rinnovabile da utilizzare per la ricarica del veicolo, magari anche con uno storage per l'accumulo di energia elettrica (Massi Pavan et al., 2019). Il prezzo complessivo dell'elettricità sarà quindi dato dalla media ponderata del prezzo dell'elettricità pagata a casa, EP_{home} , e quella alle stazioni di ricarica pubbliche, EP_{public} , dove β è la percentuale di

volte in cui la ricarica avviene presso la propria abitazione. Per i taxi ibridi (alimentati a benzina) o diesel consideriamo il prezzo medio del carburante. Riassumendo:

$$FE_P = \begin{cases} \beta \cdot EP_{home} + (1 - \beta) \cdot EP_{public} & \text{per i taxi elettrici} \\ \text{prezzo medio diesel/benzina} & \text{per i taxi diesel e ibridi} \end{cases}$$

I costi per il consumo di carburante/elettricità (FE) possono pertanto essere calcolati come il prodotto tra FE_E e FE_P.

Infine, l'ultimo addendo in (1) rappresenta il valore residuo (RV) del veicolo al termine del periodo d'uso (quando verrà venduto o rottamato) scontato e annualizzato. RV può essere espresso anche come percentuale η del prezzo d'acquisto.

Dividendo la somma (1) per la distanza annuale percorsa (DAP) in chilometri, otteniamo la metrica CTP/km, che rappresenta il costo medio di possesso al chilometro di un dato veicolo:

$$\frac{CTP}{km} = \frac{CTP}{DAP} \#(2)$$

Questo indicatore può essere utilmente utilizzato per confrontare la struttura dei costi di taxi con i tre diversi sistemi di propulsione tipicamente scelti dai tassisti: elettrici, ibridi e diesel. In particolare, per gli scopi di questo lavoro, è utile ricavare da (2) un altro importante indicatore: il prezzo del taxi elettrico di break-even, ovvero il prezzo di listino che renderebbe il taxi elettrico equivalente (e quindi poi anche competitivo) da un punto di vista economico rispetto ad un taxi ibrido o con alimentazione diesel. Tale prezzo è dato da:

$$\text{Break - Even ET MSRP} = \text{ET MSRP: } CTP/km_{elettrico} = CTP/km_{comp}$$

$$\text{Break - Even ET MSRP} = \frac{CTP_{comp} - AAOC + \frac{(RD + SUB) \cdot TAEG}{1 - (1 + TAEG)^{-T}} - (RC + HC) \cdot CRF}{\frac{TAEG}{1 - (1 + TAEG)^{-T}} - \frac{\eta \cdot CRF}{(1 + i)^T}} \quad (3)$$

Dove CTP_{comp} indica il costo totale di possesso del sistema di propulsione con cui confrontiamo il taxi elettrico (ET), quindi quello del taxi ibrido e diesel.

3 Parametri del modello

I parametri del modello derivano da informazioni raccolte attraverso questionari *face to face* somministrati a circa 50 tassisti fiorentini a Febbraio 2019, di cui 30 in possesso di un taxi elettrico. La scelta di Firenze è stata dettata dal fatto che, ad oggi, è la città con la più ampia flotta di taxi elettrici in Italia. Il questionario somministrato si compone di tre parti, specifiche per il sistema di propulsione considerato. La prima parte mira a identificare le principali caratteristiche del taxi in termini di modello, marca, periodo di proprietà, intensità d'uso (distanza annuale o giornaliera percorsa). Si indaga inoltre il tipo di percorsi mediamente realizzati (urbani vs extraurbani) e la frequenza d'uso (il veicolo viene utilizzato solo per scopi lavorativi? In caso affermativo per quanti giorni all'anno? Oppure anche per scopi personali?). La seconda parte del questionario indaga i consumi reali ed i principali costi di possesso del taxi (bollo, assicurazione, manutenzione, ecc.) e, per i taxi elettrici, le abitudini e i costi di ricarica. L'ultima parte del questionario analizza il grado di soddisfazione dei tassisti nell'utilizzo del sistema di propulsione scelto, in termini di prestazioni e di convenienza economica. Per ciascun sistema di propulsione abbiamo quindi selezionato alcuni dei modelli di taxi più utilizzati a Firenze e più in generale in Italia: la Nissan Leaf da 30 kW e la Hyundai Ioniq da 28 kW per i taxi elettrici; la Toyota Prius 1.8

Hybrid E-CVT Active, la Toyota Prius + e la Toyota Auris 1.8 Hybrid Cool per i taxi ibridi; la KIA Carens 1.7 CRDi 141 CV DCT Cool e la DACIA Lodgy 1.5 Blue dCi 115 CV Comfort per i taxi diesel. La Tabella A1 in appendice ne riassume le principali caratteristiche tecniche ed economiche. Per ciascun veicolo sono riportati i valori medi tra quelli raccolti tramite le interviste.

Ipotizziamo che non ci siano nè sconti da parte dei rivenditori nè sussidi governativi a favore dei taxi elettrici, pertanto, qualunque sia il sistema di propulsione scelto, il prezzo effettivamente pagato coincida con il prezzo di listino suggerito dalla casa produttrice. Nel caso dei taxi elettrici, inoltre, se si dispone di un posto auto privato o di un garage in cui poter ricaricare l'auto, al prezzo di listino va aggiunto il costo per l'acquisto e l'installazione della wall-box, posto pari a € 2.000 (sulla base delle interviste ai tassisti fiorentini). Assumiamo come periodo medio di utilizzo del taxi 4 anni, al termine dei quali il valore residuo del veicolo non è molto alto. Le lunghe distanze annuali e l'elevato utilizzo quotidiano, infatti, rendono i taxi poco appetibili anche per i privati. Ipotizziamo, quindi, sulla base delle indicazioni fornite dai tassisti fiorentini, un valore di rivendita pari al 30% del prezzo di listino per i taxi diesel o ibridi e pari al 20% per quelli elettrici. Quanto alla distanza annuale percorsa, consideriamo un valore medio di 40.000 km, corrispondenti a circa 117 km al giorno, per 341 giorni all'anno (i regolamenti municipali obbligano i tassisti ad uno stop di almeno 2 giorni al mese). Con tali percorrenze, in media i tassisti sostengono costi di manutenzione annuali pari a €120 per i taxi elettrici, €267 per i taxi ibridi e €2.400 per i taxi diesel. Le automobili totalmente elettriche infatti sono meno soggette a guasti puramente meccanici. Il sistema di trasmissione è molto semplificato, non c'è la frizione e mancano le cinghie. L'impianto frenante poi ha vita molto più lunga, grazie alla frenata rigenerativa che salvaguarda quasi del tutto le pastiglie. Si stima, quindi, che un taxi elettrico debba sostenere solo i costi della manutenzione annuale programmata (tagliandi) per interventi secondari, molto più bassi rispetto a quelli di un modello equivalente con propulsione tradizionale, che peraltro con il tempo è soggetto ad interventi più importanti sul motore, sul cambio specie se automatico e sul sistema di scarico. Anche il premio assicurativo di un taxi elettrico risulta più basso rispetto a quello di un veicolo ibrido o diesel. Esso ovviamente dipende da molti fattori di rischio, legati alle caratteristiche del veicolo, alle caratteristiche del guidatore (età, sinistrosità passata, ecc.), alla residenza, ma anche alla strategia commerciale della compagnia assicurativa. Da indagini di mercato e sulla base dell'esperienza dei tassisti fiorentini, assumiamo un premio annuale medio pari a €600 per i taxi elettrici, €1.000 per i taxi ibridi e €1.500 per i taxi diesel.

Altre ipotesi del modello sono le seguenti:

- prezzo diesel: 1,49 €/litro (prezzo medio in Italia nel 2018)¹⁶;
- prezzo benzina: 1,60 €/litro (prezzo medio in Italia nel 2018);
- prezzo dell'elettricità, in caso di ricarica a casa: 0,22 €/kWh¹⁷;
- prezzo dell'elettricità, in caso di ricarica alle stazioni pubbliche: consideriamo una tariffa agevolata per i tassisti pari a 0,35 €/kWh (quella in vigore a Firenze a Febbraio 2019);
- percentuale di ricarica a casa (solo per i taxi elettrici): 50%;
- percentuale di viaggi urbani: 90%;
- fattore di aggiustamento climatico: sulla base dell'esperienza raccolta dai tassisti intervistati, i taxi elettrici registrano una diminuzione del 30% dell'efficienza energetica quando si guida a temperature molto alte (in estate) o molto basse (in inverno). Ciò comporta un aggiustamento nel consumo di energia elettrica pari a 1,15 (non applichiamo nessun aggiustamento invece per i taxi a combustione interna, quindi $\gamma = 1$).

¹⁶ https://dgsaie.mise.gov.it/prezzi_carburanti_mensili.php?prodcod=2&anno=2018

¹⁷ <https://www.statista.com/statistics/881421/household-electricity-price-in-italy/>

- tasso di sconto: 1%, ovvero il tasso di interesse attuale medio dei buoni del Tesoro con scadenza a 4 anni;
- tasso annuo effettivo globale (TAEG): ogni istituto di credito e/o finanziaria applica un diverso TAEG; qui consideriamo uno dei valori più comuni, pari al 7%.

4 Risultati

4.1 Scenario base

Tenendo conto delle ipotesi descritte e applicando l'Eq. (2), calcoliamo il Costo Totale di Possesso per ciascun modello di taxi elettrico, ibrido e diesel e consideriamo poi il valor medio per ciascun sistema di propulsione. I risultati ottenuti sono riportati nella Tabella 1. Da essa emerge come i taxi elettrici abbiano già un chiaro vantaggio economico. Il loro CTP/km è in media pari a €0,31, mostrando di essere quasi competitivi con i taxi ibridi (0,29 €/km) e già più convenienti rispetto ai diesel (0,33 €/km). Sebbene il prezzo di listino dei taxi elettrici sia in media molto più alto rispetto a quello dei taxi ibridi e diesel (in media di €8.255 e €16.505, rispettivamente), infatti, il loro costo operativo annuale è molto più basso (del 52% rispetto ai taxi ibridi e del 71% rispetto ai taxi diesel) compensando così i maggiori costi iniziali.

Stimiamo poi il prezzo di break-even per il taxi elettrico, ovvero il prezzo di listino necessario per rendere il taxi elettrico, in media, economicamente vantaggioso rispetto a quello ibrido o con alimentazione diesel. Con le assunzioni fatte, esso è stimato pari a €34.547 e €40.997, rispettivamente (Tabella 1). Considerando i prezzi di mercato attuali dei due principali modelli elettrici scelti dai tassisti, la Nissan Leaf necessiterebbe di uno sconto o sussidio di soli €1.813 per essere competitiva rispetto alla media delle ibride, valore che cresce a €3.603 per la Hyundai Ioniq.

Tabella 1. Costo totale di possesso e prezzo di break-even (media per sistema di propulsione)

	Elettrico	Ibrido	Diesel
<i>Prezzo di listino medio (€)</i>	37.255	29.000	20.750
<i>Costi operativi annuali medi (€)</i>	2.419	5.013	8.429
<i>CTP (€)</i>	12.248	11.582	13.168
<i>CTP/km (€)</i>	0,31	0,29	0,33
<i>Break-even MSRP per taxi elettrici (€)</i>		34.547	40.997

I risultati ottenuti, tuttavia, sono fortemente dipendenti dalle ipotesi del modello. Tra queste, particolarmente interessanti da indagare ulteriormente sono l'intensità d'uso del veicolo (percorrenza annuale), le abitudini di mobilità dell'individuo (percentuale di viaggi in contesti urbani ed extraurbani) e la disponibilità di posti auto privati in cui poter ricaricare il veicolo. È interessante quindi valutare la sensibilità dei risultati a questi parametri del modello, separatamente o congiuntamente.

4.2 Analisi di sensitività

Lo scenario base descritto finora ha presupposto una percorrenza annuale pari a 40.000 km, che corrisponde al valor medio registrato in una città turistica come Firenze. Tassisti in città più piccole o meno turistiche potrebbero probabilmente percorrere distanze annuali più basse, o all'opposto, in altre città più estese territorialmente le distanze potrebbero essere più elevate. Pertanto, è interessante valutare in che modo la percorrenza annuale influenza la competitività economica dei taxi elettrici.

La Figura 1 mostra come il prezzo di break-even per i taxi elettrici sia una funzione crescente della distanza percorsa: maggiori sono le percorrenze annuali maggiore è la competitività dei taxi elettrici. Percorrendo il 90% delle corse in contesti urbani e ricaricando il 50% delle volte a casa a prezzi più contenuti, in media i taxi elettrici diventano più convenienti rispetto a quelli diesel con percorrenze annuali superiori già ai 32.500 km, mentre la competitività con gli ibridi si raggiunge percorrendo almeno 54.000 km.

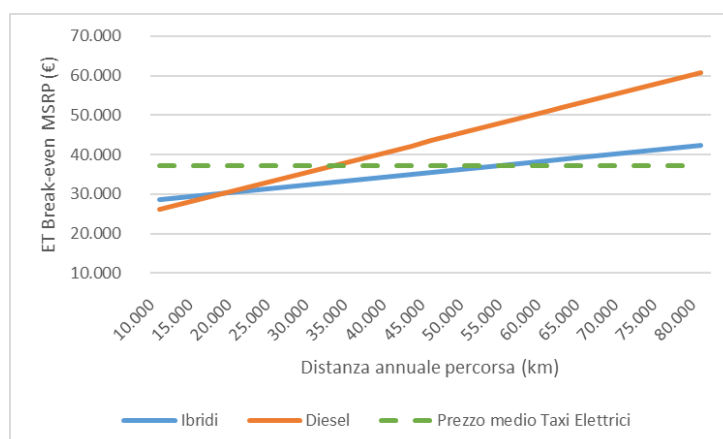


Figura 1. Prezzo di break-even per i taxi elettrici rispetto a quelli ibridi e diesel al variare della percorrenza annuale ($\alpha=90\%$; $\beta=50\%$)

La disponibilità di un posto auto privato in cui poter ricaricare l'auto ai prezzi correnti dell'elettricità sicuramente influenza positivamente la competitività dei taxi elettrici: minori sono i costi della ricarica, maggiore è il prezzo di break-even per il taxi elettrico, e ai prezzi attuali, maggiore diventa il gap di competitività rispetto agli altri sistemi di propulsione. Nella Tabella 2, in particolare, sono evidenziate le combinazioni di percorrenze annuali e percentuali di ricarica a casa che, ai prezzi di listino attuali delle auto elettriche, permettono ai taxi elettrici di essere già in media economicamente convenienti rispetto ai taxi ibridi o diesel.

Considerando il 90% delle corse realizzate in contesti urbani, con percorrenze annue di almeno 67.500 km i taxi elettrici, ai prezzi attuali, sono in media sempre competitivi da un punto di vista economico rispetto ai taxi ibridi, anche nelle peggiori condizioni in termini di costi di ricarica, ovvero quando questa può avvenire esclusivamente presso colonnine di ricarica pubbliche. Percorrenze più basse sono sufficienti a condizione che la percentuale di ricariche private aumenti. Si consideri comunque che spesso i tassisti utilizzano il proprio veicolo anche per motivi extra-lavorativi, pertanto si tratta di distanze non difficilmente raggiungibili. Disponendo di un veicolo con un'autonomia tale da garantire la copertura di un intero turno di lavoro con una sola ricarica (ad es. la Hyundai Ioniq, con un'autonomia reale riscontrata dai tassisti fiorentini di almeno 200 km), da realizzarsi però di notte a casa, una percorrenza annuale di 45.000 km è sufficiente a rendere il taxi elettrico in media economicamente conveniente. La competitività rispetto ai taxi diesel, invece, è confermata



con distanze molto più basse (35.500 km) anche quando la ricarica avviene sempre presso colonnine pubbliche (Tabella 2).

Anche la tipologia di corse effettuate, in contesti urbani o extraurbani, influenzando l'efficienza della batteria dei taxi elettrici, ne modifica il CTP e quindi il prezzo di break-even. Riportiamo nelle Tabelle 3 e 4 la sensibilità congiunta del prezzo di break-even a tre variabili: l'intensità d'uso del veicolo (percorrenza annuale), la percentuale di viaggi in contesti urbani e la percentuale di ricariche presso postazioni private, confrontando il taxi elettrico con i taxi ibridi e diesel, rispettivamente. Dalle Tabelle emerge come la possibilità di ricarica a casa abbia un peso molto rilevante rispetto alla tipologia di percorrenza, urbana o extraurbana, soprattutto nel confronto con i taxi ibridi. Al variare dell'intensità d'uso del veicolo, viaggiare in elettrico esclusivamente in città piuttosto che in contesti extraurbani permette di ottenere incrementi di prezzo (e quindi maggiore competitività) compresi tra €66 e €1.356 rispetto ai veicoli ibridi. Mentre ricaricare a casa piuttosto che presso stazioni di ricarica pubbliche porta ad incrementi di prezzo compresi tra €785 e €7.115. Nelle migliori condizioni (100% ricarica a casa e 100% viaggi urbani) i tassisti devono percorrere almeno 45.000 km all'anno affinché il loro taxi elettrico risulti in media conveniente (CTP/km più basso) rispetto alla media dei taxi ibridi. Considerando invece il confronto con i taxi diesel (Tabella 4), la competitività dei taxi elettrici richiede condizioni meno stringenti, quindi minori percorrenze annuali, e differenze meno nette tra tipologia di viaggi e luogo di ricarica. Le Tabelle 3 e 4, in ogni caso, permettono di verificare la competitività rispetto alla media degli ibridi e dei diesel anche di veicoli elettrici più o meno costosi rispetto al valore medio di €37.255 che finora abbiamo considerato.

Tabella 2. Break-even MSRP (€) per i taxi elettrici rispetto ai taxi ibridi al variare della percorrenza annuale e della percentuale di ricariche a casa (90% percorrenza urbana)

Percorrenza annuale (km)	% ricarica a casa									
	<i>Rispetto ai taxi ibridi</i>					<i>Rispetto ai taxi diesel</i>				
	0%	25%	50%	75%	100%	0%	25%	50%	75%	100%
10.000	28.209	28.408	28.607	28.806	29.005	25.721	25.920	26.119	26.318	26.517
12.500	28.604	28.853	29.102	29.350	29.599	26.861	27.110	27.359	27.607	27.856
15.000	29.000	29.298	29.597	29.895	30.194	28.002	28.300	28.599	28.897	29.196
17.500	29.395	29.744	30.092	30.440	30.788	29.142	29.490	29.838	30.187	30.535
20.000	29.791	30.189	30.587	30.985	31.383	30.282	30.680	31.078	31.476	31.874
22.500	30.186	30.634	31.082	31.529	31.977	31.423	31.870	32.318	32.766	33.213
25.000	30.582	31.079	31.577	32.074	32.572	32.563	33.060	33.558	34.055	34.553
27.500	30.977	31.525	32.072	32.619	33.166	33.703	34.250	34.798	35.345	35.892
30.000	31.373	31.970	32.567	33.164	33.761	34.844	35.440	36.037	36.634	37.231
32.500	31.768	32.415	33.062	33.709	34.355	35.984	36.631	37.277	37.924	38.571
35.000	32.164	32.860	33.557	34.253	34.950	37.124	37.821	38.517	39.214	39.910
37.500	32.559	33.306	34.052	34.798	35.544	38.264	39.011	39.757	40.503	41.249
40.000	32.955	33.751	34.547	35.343	36.139	39.405	40.201	40.997	41.793	42.589
42.500	33.350	34.196	35.042	35.888	36.733	40.545	41.391	42.237	43.082	43.928
45.000	33.746	34.641	35.537	36.432	37.328	41.685	42.581	43.476	44.372	45.267
47.500	34.141	35.087	36.032	36.977	37.922	42.826	43.771	44.716	45.661	46.607
50.000	34.537	35.532	36.527	37.522	38.517	43.966	44.961	45.956	46.951	47.946
52.500	34.932	35.977	37.022	38.067	39.111	45.106	46.151	47.196	48.240	49.285
55.000	35.328	36.422	37.517	38.611	39.706	46.247	47.341	48.436	49.530	50.624
57.500	35.723	36.868	38.012	39.156	40.300	47.387	48.531	49.675	50.820	51.964
60.000	36.119	37.313	38.507	39.701	40.895	48.527	49.721	50.915	52.109	53.303



62.500	36.514	37.758	39.002	40.246	41.489	49.668	50.911	52.155	53.399	54.642
65.000	36.910	38.203	39.497	40.790	42.084	50.808	52.101	53.395	54.688	55.982
67.500	37.305	38.649	39.992	41.335	42.678	51.948	53.291	54.635	55.978	57.321
70.000	37.701	39.094	40.487	41.880	43.273	53.089	54.482	55.874	57.267	58.660
72.500	38.097	39.539	40.982	42.425	43.867	54.229	55.672	57.114	58.557	60.000
75.000	38.492	39.984	41.477	42.969	44.462	55.369	56.862	58.354	59.846	61.339
77.500	38.888	40.430	41.972	43.514	45.056	56.510	58.052	59.594	61.136	62.678
80.000	39.283	40.875	42.467	44.059	45.651	57.650	59.242	60.834	62.426	64.018

Tabella 3: Break-even MSRP (€) per i taxi elettrici rispetto ai taxi ibridi al variare della percorrenza annuale, della % di percorrenze urbane e della % di ricariche a casa

<i>Percorrenza annuale (km)</i>	Viaggi urbani: 0%			Viaggi urbani: 50%			Viaggi urbani: 100%		
	Ricarica casa: 0%	Ricarica casa: 50%	Ricarica casa: 100%	Ricarica casa: 0%	Ricarica casa: 50%	Ricarica casa: 100%	Ricarica casa: 0%	Ricarica casa: 50%	Ricarica casa: 100%
10.000	28.056	28.501	28.946	28.141	28.560	28.978	28.226	28.618	29.011
12.500	28.414	28.970	29.525	28.520	29.043	29.566	28.625	29.116	29.607
15.000	28.771	29.438	30.105	28.898	29.526	30.154	29.025	29.614	30.204
17.500	29.128	29.907	30.685	29.277	30.009	30.742	29.425	30.112	30.800
20.000	29.486	30.375	31.265	29.655	30.493	31.330	29.825	30.610	31.396
22.500	29.843	30.844	31.844	30.034	30.976	31.918	30.224	31.108	31.992
25.000	30.201	31.312	32.424	30.412	31.459	32.506	30.624	31.606	32.588
27.500	30.558	31.781	33.004	30.791	31.942	33.094	31.024	32.104	33.184
30.000	30.915	32.249	33.583	31.170	32.426	33.682	31.424	32.602	33.780
32.500	31.273	32.718	34.163	31.548	32.909	34.270	31.823	33.100	34.377
35.000	31.630	33.187	34.743	31.927	33.392	34.858	32.223	33.598	34.973
37.500	31.988	33.655	35.323	32.305	33.875	35.446	32.623	34.096	35.569

40.000	32.345	34.124	35.902	32.684	34.359	36.034	33.023	34.594	36.165
42.500	32.702	34.592	36.482	33.062	34.842	36.622	33.422	35.092	36.761
45.000	33.060	35.061	37.062	33.441	35.325	37.210	33.822	35.590	37.357
47.500	33.417	35.529	37.642	33.820	35.809	37.797	34.222	36.088	37.953
50.000	33.775	35.998	38.221	34.198	36.292	38.385	34.622	36.586	38.550
52.500	34.132	36.466	38.801	34.577	36.775	38.973	35.021	37.084	39.146
55.000	34.489	36.935	39.381	34.955	37.258	39.561	35.421	37.581	39.742
57.500	34.847	37.404	39.960	35.334	37.742	40.149	35.821	38.079	40.338
60.000	35.204	37.872	40.540	35.712	38.225	40.737	36.221	38.577	40.934
62.500	35.562	38.341	41.120	36.091	38.708	41.325	36.620	39.075	41.530
65.000	35.919	38.809	41.700	36.470	39.191	41.913	37.020	39.573	42.126
67.500	36.276	39.278	42.279	36.848	39.675	42.501	37.420	40.071	42.723
70.000	36.634	39.746	42.859	37.227	40.158	43.089	37.820	40.569	43.319
72.500	36.991	40.215	43.439	37.605	40.641	43.677	38.219	41.067	43.915
75.000	37.348	40.684	44.019	37.984	41.124	44.265	38.619	41.565	44.511
77.500	37.706	41.152	44.598	38.362	41.608	44.853	39.019	42.063	45.107
80.000	38.063	41.621	45.178	38.741	42.091	45.441	39.419	42.561	45.703

Tabella 4: Break-even MSRP (€) per i taxi elettrici rispetto ai taxi diesel al variare della percorrenza annuale, della % di percorrenze urbane e della % di ricariche a casa

Percorrenza annuale (km)	Viaggi urbani: 0%			Viaggi urbani: 50%			Viaggi urbani: 100%		
	Ricarica casa: 0%	Ricarica casa: 50%	Ricarica casa: 100%	Ricarica casa: 0%	Ricarica casa: 50%	Ricarica casa: 100%	Ricarica casa: 0%	Ricarica casa: 50%	Ricarica casa: 100%
10.000	24.567	25.011	25.456	25.208	25.627	26.045	25.849	26.242	26.635
12.500	25.418	25.974	26.530	26.220	26.743	27.267	27.022	27.513	28.004
15.000	26.270	26.937	27.604	27.232	27.860	28.488	28.194	28.783	29.372
17.500	27.122	27.900	28.678	28.244	28.977	29.710	29.366	30.054	30.741
20.000	27.974	28.863	29.752	29.256	30.094	30.931	30.539	31.324	32.110
22.500	28.825	29.826	30.826	30.268	31.210	32.153	31.711	32.595	33.479
25.000	29.677	30.789	31.900	31.280	32.327	33.374	32.884	33.865	34.847
27.500	30.529	31.752	32.975	32.292	33.444	34.595	34.056	35.136	36.216
30.000	31.381	32.715	34.049	33.304	34.561	35.817	35.228	36.407	37.585
32.500	32.232	33.677	35.123	34.316	35.677	37.038	36.401	37.677	38.954
35.000	33.084	34.640	36.197	35.329	36.794	38.260	37.573	38.948	40.323
37.500	33.936	35.603	37.271	36.341	37.911	39.481	38.745	40.218	41.691
40.000	34.788	36.566	38.345	37.353	39.028	40.703	39.918	41.489	43.060
42.500	35.639	37.529	39.419	38.365	40.144	41.924	41.090	42.760	44.429
45.000	36.491	38.492	40.493	39.377	41.261	43.145	42.263	44.030	45.798
47.500	37.343	39.455	41.567	40.389	42.378	44.367	43.435	45.301	47.166
50.000	38.194	40.418	42.641	41.401	43.495	45.588	44.607	46.571	48.535
52.500	39.046	41.381	43.715	42.413	44.611	46.810	45.780	47.842	49.904
55.000	39.898	42.344	44.789	43.425	45.728	48.031	46.952	49.112	51.273
57.500	40.750	43.307	45.863	44.437	46.845	49.253	48.124	50.383	52.642
60.000	41.601	44.269	46.937	45.449	47.962	50.474	49.297	51.654	54.010
62.500	42.453	45.232	48.012	46.461	49.078	51.695	50.469	52.924	55.379
65.000	43.305	46.195	49.086	47.473	50.195	52.917	51.642	54.195	56.748

67.500	44.157	47.158	50.160	48.485	51.312	54.138	52.814	55.465	58.117
70.000	45.008	48.121	51.234	49.497	52.428	55.360	53.986	56.736	59.485
72.500	45.860	49.084	52.308	50.509	53.545	56.581	55.159	58.007	60.854
75.000	46.712	50.047	53.382	51.521	54.662	57.802	56.331	59.277	62.223
77.500	47.564	51.010	54.456	52.534	55.779	59.024	57.504	60.548	63.592
80.000	48.415	51.973	55.530	53.546	56.895	60.245	58.676	61.818	64.961

5 Conclusioni e implicazioni di politica dei trasporti

Il lavoro presenta un modello di Costo Totale di Possesso per valutare la competitività in Italia dei taxi elettrici rispetto a quelli ibridi e diesel. Le lunghe percorrenze annuali, tipicamente molto superiori a quelle dei privati cittadini, e le numerose ma brevi corse realizzate soprattutto in ambito urbano sono infatti caratteristiche che rendono i taxi candidati particolarmente interessanti per il passaggio all'elettrico. In questo lavoro misuriamo la competitività dei taxi elettrici utilizzando come metrica il prezzo di break-even, ci chiediamo quindi quanto dovrebbe costare in media un taxi elettrico per essere economicamente competitivo rispetto ad un taxi ibrido o con alimentazione diesel. A questo scopo, attraverso interviste dirette a circa 50 tassisti fiorentini (di cui più della metà con un veicolo elettrico), abbiamo potuto raccogliere dati sui consumi reali con cui stimare il CTP/km medio dei tre principali sistemi di propulsione scelti dai tassisti: elettrico, ibrido e diesel. I risultati ottenuti mostrano come i taxi elettrici risultino già più convenienti rispetto ai diesel (0,31 €/km vs. 0,33 €/km) e quasi competitivi rispetto agli ibridi (0,31 €/km vs 0,29 €/km), almeno nelle grandi città (si ipotizza una percorrenza media annuale di 40.000 km). In termini di prezzo di break-even necessario per rendere i taxi elettrici competitivi rispetto agli altri sistemi di propulsione, troviamo che esso è pari a €34.547 nel confronto con gli ibridi e pari a €40.997 nel confronto con i diesel. Questi risultati sono stati ottenuti considerando i prezzi di listino suggeriti dal produttore e non prevedendo alcuno sconto da parte del rivenditore ed alcun sussidio governativo. Tali stime ci consentono di concludere che i taxi elettrici rappresentano già valide alternative alle loro controparti convenzionali (ibride o diesel) non solo dal punto di vista ambientale ma anche da quello economico, anche in assenza di specifiche politiche di incentivazione monetaria. Attraverso delle analisi di sensitività, poi, è emerso come il prezzo di break-even necessario per rendere i taxi elettrici competitivi rispetto agli ibridi e ai diesel cresca al crescere della percorrenza annuale, della percentuale di viaggi urbani e di ricariche a casa. Di conseguenza anche la competitività dei taxi elettrici migliora nella stessa direzione. Nella condizione ideale per i taxi elettrici, ovvero 100% ricarica a casa e 100% viaggi urbani, sono sufficienti 30.000 km o 45.000 km per essere competitivi rispetto ai taxi diesel e ibridi, rispettivamente. Si tratta di distanze già tipicamente percorse dai tassisti in Italia durante i loro turni di lavoro, o comunque raggiunte considerando che spesso i veicoli vengono utilizzati anche per spostamenti personali.

Dall'analisi è emerso quindi che i presupposti economici per la diffusione di veicoli elettrici per il servizio taxi ci sono e l'Ecobonus, la misura recentemente promossa dal Ministero dello Sviluppo Economico che offre contributi fino a €6.000 per l'acquisto di veicoli a ridotte emissioni, non fa che rafforzare questa posizione, permettendo vantaggi competitivi anche ai tassisti con un veicolo elettrico che percorrono distanze più contenute, o non hanno la disponibilità di un posto auto privato per poter beneficiare di minori costi di ricarica.

Nonostante gli evidenti vantaggi economici privati, tuttavia, il tasso di penetrazione dei veicoli elettrici nel settore dei taxi è ancora troppo limitato in Italia. Considerati anche e soprattutto i notevoli benefici in termini ambientali, compito delle amministrazioni cittadine è sicuramente quello di appoggiare il processo di diffusione dei veicoli elettrici, seguendo l'esempio del Comune di Firenze che sta già da tempo operando in questa direzione con riscontri positivi.

Diverse sono le cause dello scarso livello di utilizzo dei veicoli elettrici ad uso taxi. Innanzitutto, i tassisti non sono pienamente consapevoli dei reali costi di possesso dei loro veicoli e dei potenziali risparmi con il passaggio all'elettrico. Al contrario, considerando l'esperienza fiorentina, sembrano essere pienamente consapevoli dei limiti tecnici dei veicoli elettrici, soprattutto in termini di autonomia e di degrado della batteria. Una limitata autonomia è considerata infatti sinonimo di necessità di rifiutare corse verso destinazioni extraurbane più lontane, e di sosta per la ricarica, con conseguenti mancati guadagni. La mancanza di informazioni adeguate, quindi, li porta ad orientarsi verso sistemi di alimentazione diversi dall'elettrico puro. Un primo suggerimento per i decisori pubblici è

quindi quello di informare i potenziali acquirenti sul costo totale di possesso come riferimento più veritiero del prezzo di listino, accrescendo la loro consapevolezza sui prezzi e sulle condizioni che, in base alle diverse abitudini di mobilità, possono rendere il passaggio all'elettrico vantaggioso. Sfruttando il passaparola tra gli operatori del settore, inoltre, anche i social media e le cooperative di radiotaxi possono contribuire a diffondere una conoscenza più consapevole dell'elettrico.

Un altro ostacolo all'adozione di veicoli elettrici per il servizio taxi è poi la mancanza di una rete capillare di infrastrutture di ricarica pubbliche dedicate, con una potenza adeguata (anche superiore ai 50 kW), in modo da accorciare i tempi della ricarica e rendere la sosta dei tassisti meno invasiva. A tale riguardo l'ente pubblico può svolgere un ruolo importante individuando gli spazi più adatti nella città dove localizzare le stazioni di ricarica (aree di sosta dei taxi, stazioni ferroviarie, aeroporti, ecc.), coordinando l'investimento sulle stesse da parte dei fornitori di colonnine ed energia, ed eventualmente cofinanziando l'investimento stesso o le tariffe per la ricarica dedicata ai tassisti. L'ente pubblico può inoltre intervenire verificando il rispetto delle norme sull'utilizzo degli spazi riservati alla sosta o alla ricarica dei taxi elettrici. Quello dell'inadeguatezza della rete di ricarica, in ogni caso, sembra un ostacolo superabile, dati i costi non proibitivi e sempre più contenuti delle colonnine di ricarica.

Rimane la complessa diafrasi di politica dei trasporti relativa alle liberalizzazioni e alle nuove licenze taxi, che vanno ad aggiungersi o a sostituirsi a quelle già in essere e che vedono la grande opposizione dei tassisti. Al fine di incentivare, o comunque agevolare il passaggio all'elettrico dei taxi, le amministrazioni pubbliche hanno finora cercato di trovare un compromesso tra la domanda di mobilità elevata e a volte insoddisfatta dal servizio taxi e la resistenza degli attuali titolari di licenza contro ogni tentativo di apertura del mercato e di aumento del numero delle licenze. La soluzione che sembra funzionare, adottata in diverse città, è stata quella di prevedere bandi per l'assegnazione di nuove licenze, a titolo oneroso e con il vincolo dell'utilizzo esclusivo di mezzi a propulsione elettrica, ma prevedendo al tempo stesso compensazioni monetarie a favore dei titolari di vecchie licenze. I risultati positivi registrati nelle città che hanno adottato queste politiche dimostrano quindi che è possibile arrivare ad una mobilità sostenibile, sempre che l'alternativa elettrica sia tecnologicamente ed economicamente presente. Questo contributo dimostra che, almeno nelle grandi città, la convenienza economica per i tassisti esiste.

Il vincolo tecnologico, però, rimane un altro importante limite alla diffusione dei taxi elettrici, a carico questa volta delle case automobilistiche. Si registra infatti una ancora scarsa offerta di modelli di veicoli adatti a questo servizio. Per la natura della loro attività, i tassisti necessitano infatti di una varietà di veicoli (auto per trasporto persone ma anche promiscuo) soprattutto con autonomia adeguata e comodità di carico (ampio bagagliaio). Se i presupposti economici per la crescita della domanda di auto elettriche da parte dei tassisti già esistono, le case automobilistiche devono fare la loro parte per far sì che anche i presupposti operativi sussistano: offrire una maggiore varietà di modelli dedicati alle necessità dei tassisti, garantendo al tempo stesso un rapporto tra costi e prestazioni adeguato. Le auto più costose (in primis la Tesla) sono in grado di assicurare contenuti tecnici e prestazioni all'altezza, cosa che invece non accade ancora per i modelli meno costosi (ad esempio a Firenze molti tassisti hanno riscontrato scarsa soddisfazione per le prestazioni della Nissan Leaf). Rispetto al 2017, anno in cui i tassisti fiorentini hanno acquistato i loro veicoli elettrici, quando la scelta poteva ricadere su due soli modelli (la Nissan Leaf da 30 kWh e la Hyundai Ioniq da 28 kWh), il mercato ha iniziato ad espandere l'offerta, proponendo nuovi modelli, adattabili anche al servizio taxi, come ad esempio la Hyundai Kona da 39 kWh (prezzo di listino: €37,500; autonomia dichiarata: 289 km) e da 64 kWh (prezzo di listino: €42.500; autonomia dichiarata: 449 km); la Kia Niro elettrica, nelle due versioni da 39 kWh (autonomia dichiarata: 289 km) e da 64 kWh (autonomia dichiarata: 455 km) con un prezzo di listino compreso tra i €35.000 e i €45.000; la Kia Soul Eco-electric da 39,2 kWh (autonomia dichiarata: 277 km) venduta ad un prezzo base di

€36.900, e la Nissan Leaf da 40 kWh ad un prezzo di €38.700 e 270 km di autonomia dichiarata. Anche l'offerta di veicoli commerciali leggeri si è ampliata, con l'introduzione della Nissan e-NV200 da 40 kWh a partire da €45.521 (200 km di autonomia dichiarata) e della Renault Kangoo Z.E. con un prezzo di listino di €27.650 e un'autonomia dichiarata di 260 km. Si tratta tuttavia di numeri ancora troppo limitati, in termini di modelli e tipologie di veicoli (anche e soprattutto perché i mini-van elettrici, ad oggi, sono ancora poco idonei per via della scarsa autonomia reale).

Complessivamente, ci sembra quindi che gli ostacoli informativi, infrastrutturali, economici (prezzo d'acquisto elevato), politici (nuove licenze) e tecnologici (carenza di modelli e limitata autonomia) non siano insormontabili e possano essere gradualmente superati con la partecipazione e l'interesse degli attori coinvolti. È lecito pertanto attendersi per il prossimo futuro un forte impulso alla diffusione dei taxi elettrici anche in Italia, così come sta già avvenendo in altri paesi europei.

6 Ringraziamenti

Un ringraziamento particolare va rivolto ai tassisti fiorentini, alle loro cooperative e all'amministrazione comunale che, partecipando attivamente all'indagine, hanno fornito i dati indispensabili per la realizzazione del contributo.

7 Bibliografia

- Allcott, H., Wozny, N. (2014). Gasoline prices, fuel economy, and the energy paradox. *Review of Economics and Statistics*, 96(5), 779-795.
- Breetz, H. L., Salon, D. (2018). Do electric vehicles need subsidies? Ownership costs for conventional, hybrid, and electric vehicles in 14 US cities. *Energy policy*, 120, 238-249.
- Dumortier, J., Siddiki, S., Carley, S., Cisney, J., Krause, R. M., Lane, B. W., ... Graham, J. D. (2015). Effects of providing total cost of ownership information on consumers' intent to purchase a hybrid or plug-in electric vehicle. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 72, 71-86.
- Giansoldati, M., Rotaris, L., Scorrano, M., Danielis, R. (2019). *Evidence on the consumers' preferences for electric cars in Italy. A discrete choice model with technological and policy scenarios*. Mimeo.
- Hagman, J., Langbroek, J. H. (2019). Conditions for electric vehicle taxi: A case study in the Greater Stockholm region. *International Journal of Sustainable Transportation*, 13(6), 450-459.
- Kochhan, R. P. (2017). *Techno-economic evaluation of battery-electric taxis* (Doctoral dissertation, Universität Ulm).
- Krause, R. M., Carley, S. R., Lane, B. W., Graham, J. D. (2013). Perception and reality: Public knowledge of plug-in electric vehicles in 21 US cities. *Energy Policy*, 63, 433-440.
- Massi Pavan, A., Scorrano, M., Lughì, V. (2019). Total Cost of Ownership of electric vehicles using energy from a renewable-based microgrid. In *13th IEEE PowerTech International Conference*
- NYC Taxi, Limousine Commission (2013). Take Charge: A Roadmap to Electric New York City Taxis. The City of New York, United States.
- Parenti, G. (2016). Fostering electric mobility in Florence. In *2016 IEEE 16th International Conference on Environment and Electrical Engineering (EEEIC)* (pp. 1-3). IEEE.
- Scorrano, M., Danielis, R., Giansoldati, M. (2017). Conviene acquistare un'automobile elettrica? Un'applicazione all'Italia del modello del costo totale di possesso, *Rivista di Economia e Politica dei Trasporti*, N. 2.

- Scorrano, M., Danielis, R., Giansoldati, M. (2019). *Dissecting the total cost of ownership of electric cars: the impact of vehicle use intensity, home charging and urban driving*. Mimeo.
- Wang, N., Liu, Y., Fu, G., Li, Y. (2015). Cost–benefit assessment and implications for service pricing of electric taxis in China. *Energy for Sustainable Development*, 27, 137-146.
- Wu, G., Inderbitzin, A., Bening, C. (2015). Total cost of ownership of electric vehicles compared to conventional vehicles: A probabilistic analysis and projection across market segments. *Energy Policy*, 80, 196-214.
- Yang, J., Dong, J., Hu, L. (2018). Design government incentive schemes for promoting electric taxis in China. *Energy policy*, 115, 1-11.

Appendice

Tabella A1: Principali caratteristiche tecniche ed economiche dei veicoli considerati

Modello	Nissan Leaf 30 kW	Hyundai Ioniq 28 kW	Toyota Prius 1.8 Hybrid E-CVT Active	Toyota Prius+ 1.8 Hybrid Active E-CVT	Toyota Auris 1.8 Hybrid Cool	KIA Carens 1.7 CRDi 141 CV DCT Cool	DACIA Lodgy1.5 BlueDi 115 CV Comfort
MSRP (€)	36.360	38.150	29.500	33.000	24.500	26.000	15.500
<i>Peso e dimensioni</i>							
Massa (kg)	1.535	1.420	1.400	1.530	1.385	1.591	1.260
L/W/H (cm)	448/179/ 154	447/182/ 145	454/176/ 147	465/178/ 158	433/176/ 148	452/180/ 160	450/175/ 168
Capacità bagagliaio (litri)	435	350/1410	457/1588	200/1750	360/1200	536/1649	827/2617
Numero Porte	5	5	5	5	5	5	5
Numero Posti	5	5	5	7	5	7	5
<i>Efficienza</i>							
Emissioni di CO ₂ in fase d'uso (g/km)	0	0	78	106	82	135	109
Autonomia, km	circa 250	Fino a 280	1.432	752		1.114	1.220
Consumi ciclo urbano (100 km)	15,5 kWh	11 kWh	5,5 litri	5,5 litri	5,9 litri	7,7 litri	7,7 litri
Consumi ciclo extraurbano (100 km)	17 kWh	13 kWh	5,7 litri	5,7 litri	6 litri	6 litri	6 litri
<i>Motore</i>							
Alimentazione	Elettrico	Elettrico	Ibrido	Ibrido	Ibrido	Diesel	Diesel
Max potenza	149,55 CV/ 110 kW	119,64 CV/ 88 kW	122,36 CV / 90.00 kW	135,96 CV / 100.00 kW	136 CV / 100 kW	141,40 CV / 104.00 kW	115,56 CV / 85.00 kW
Accelerazione 0-100 km/h (sec)	11,5	10,2	10,6	11,3	10,9	11,3	n.d.
Max velocità (km/h)	144	165	180	165	180	189	n.d.
Bollo (€)	0	0	243,9	271	271	288,04	230,35
Costi Immatricolazione (€)	644,91	544,52	553,65	599,28	599,28	617,53	521,84