



## Ricerca di Sistema elettrico

# Sviluppo di uno strumento per il dimensionamento di una rete di infrastruttura di ricarica veloce in regime di oligopolio con applicazione di diversi modelli di business

Ilaria Baffo, Stefano Ubertini, Giuseppe Calabrò, Stefano Rossi,  
Simone Minucci, Simone Salvatori

SVILUPPO DI UNO STRUMENTO DI SUPPORTO PER IL DIMENSIONAMENTO DI UNA RETE DI  
INFRASTRUTTURA DI RICARICA PER L'OTTIMIZZAZIONE ECONOMICA DEL SERVIZIO DI RICARICA

Ilaria Baffo, Stefano Ubertini, Giuseppe Calabrò, Stefano Rossi, Simone Minucci, Simone Salvatori  
(Dipartimento di Economia, Ingegneria, Società e Impresa – Università della Tuscia)

Settembre 2018

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Annuale di Realizzazione 2017

Area: Efficienza energetica e risparmio di energia negli usi finali elettrici ed interazione con gli altri vettori energetici

Progetto: Mobilità elettrica sostenibile

Obiettivo: a. Scenari di mobilità elettrica

Responsabile del Progetto: Maria Pia Valentini, ENEA

Il presente documento descrive le attività di ricerca svolte all'interno dell'Accordo di collaborazione "Sostenibilità economica del servizio di ricarica per veicoli elettrici"

Responsabile scientifico ENEA: Ing. Natascia Andrenacci

Responsabile scientifico Università della Tuscia: Prof. Stefano Ubertini

## Sommario

PREMESSA.....	4
1 INTRODUZIONE .....	5
1.1 RICHIAMO AL CONTESTO INTERNAZIONALE E A QUELLO NAZIONALE.....	8
2 STATO DELL'ARTE SUI MODELLI DI BUSINESS DEL SETTORE.....	9
3 DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA D'ANALISI .....	13
3.1 IPOTESI SULLO SVILUPPO DEI POSSIBILI MODELLI DI BUSINESS .....	13
3.2 IPOTESI E DATI DI INPUT DEL MODELLO .....	14
3.3 APPROCCIO METODOLOGICO .....	17
3.4 IPOTESI PER LO STUDIO DI FATTIBILITÀ ECONOMICA .....	18
3.5 MODELLO MATEMATICO DEL PROBLEMA DI OTTIMIZZAZIONE .....	18
4 RISULTATI .....	21
4.1 MODELLI DI BUSINESS DEFINITI .....	21
4.2 APPLICAZIONE DEL MODELLO PROPOSTO .....	21
4.3 ESEMPIO DI DIMENSIONAMENTO DI UNA STAZIONE E ANALISI TECNICO ECONOMICA .....	24
5 CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI.....	27
6 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI .....	28

## Premessa

Il lavoro presentato in questa relazione è il risultato dell'attività di ricerca svolta nell'ultimo anno all'interno dell'accordo di collaborazione ENEA – Dipartimento di Economia, Ingegneria, Società ed impresa dell'Università degli studi della Tuscia. Gli obiettivi principali dell'attività di ricerca riguardano l'analisi della fattibilità tecnico-economica di una infrastruttura per la ricarica di veicoli elettrici in Italia.

Il lavoro è spinto dalla sempre maggiore necessità di una infrastruttura in grado di fornire un servizio di ricarica per veicoli elettrici che possa essere assimilabile in termini di qualità a quelli oggi erogati dai classici distributori di combustibili convenzionali.

In Europa la Commissione Europea ma in generale numerosi enti sovranazionali hanno sostenuto la necessità di uno svincolamento del trasporto dall'alimentazione attraverso combustibili tradizionali abbracciando l'adozione di fonti alternative e utilizzo di energia elettrica. La riduzione della concentrazione di CO<sub>2</sub> che si verificherebbe nei grandi centri abitati a causa della parziale o totale sostituzione dei mezzi di trasporto con motori endotermici è l'incentivo che spinge i governi verso sempre maggiori investimenti nel settore della mobilità elettrica. Anche le case automobilistiche hanno positivamente risposto a queste misure proponendo nella loro gamma sempre più modelli con propulsione ibrida o totalmente elettrica.

Gli ostacoli maggiori per la diffusione di tale tipologia di veicoli rimangono quindi la possibilità di acquistare modelli a prezzi ragionevoli per un uso privato dei mezzi e la disponibilità di un servizio di ricarica rapida in grado di garantire la possibilità di percorrere grandi distanze senza incorrere in soste obbligate di durata eccessiva.

Nel suo sviluppo integrale l'attività vuole mostrare quali siano le condizioni per lo sviluppo di una infrastruttura di ricarica elettrica rapida per veicoli privati andando ad analizzare differenti scenari in termini di diffusione del servizio e di metodologia di erogazione del servizio. In particolare, si vuole analizzare il problema della diffusione delle stazioni da un punto di vista spaziale definendo quali siano le postazioni maggiormente utilizzabili e con maggior potenziale, e da un punto di vista economico definendo quale sia il modello di business ottimale per la proposizione del servizio di ricarica sul mercato.

Il lavoro è stato svolto prevalentemente all'interno della sede di Ingegneria del DEIM e all'interno degli uffici ENEA del Centro Ricerche Casaccia.

Ai lavori hanno partecipato i seguenti ricercatori:

- Stefano Ubertini, professore ordinario di Macchine e Sistemi per l'Energia e l'Ambiente, direttore del DEIM presso Università della Tuscia;
- Ilaria Baffo, ricercatrice di Impianti Industriali Meccanici;

- Giuseppe Calabrò, professore associato di Elettrotecnica;
- Stefano Rossi, ricercatore di Misure Meccaniche e Termiche.
- Simone Minucci, ricercatore di Elettrotecnica;
- Simone Salvatori, dottorando di Impianti Industriali Meccanici.

## 1 Introduzione

Secondo il comitato intergovernativo sui cambiamenti climatici (IPCC) le emissioni globali di CO<sub>2</sub> dovrebbero essere ridotte dal 50 al 85% entro il 2050 per cercare di limitare il surriscaldamento globale al di sotto del limite dei 2°C [1]. Tra i principali responsabili delle emissioni di CO<sub>2</sub> in atmosfera ci sono sicuramente le centrali di conversione di energia e i mezzi di trasporto alimentati a combustibile fossile. In particolare, il trasporto privato attraverso l'uso delle automobili è ritenuto essere uno dei maggiori responsabili della produzione e immissione di anidride carbonica in aria [2]. L'importanza del settore dei trasporti è dovuta alla storica scelta utilizzare motori a combustione interna piuttosto che cercare di valorizzare altre tipologie di trazione.

Numerose sono le possibilità di riduzione dell'emissione di CO<sub>2</sub> legate ai trasporti. La più promettente vede l'introduzione combinata di auto elettriche nel settore dei trasporti e fonti di energia rinnovabile per la generazione di potenza elettrica. Il settore ovviamente dovrebbe essere ripensato attraverso l'introduzione di modelli di business innovativi in grado di rendere appetibile per un gestore o un cliente lo sfruttamento delle opportunità create dalla crescita del parco circolante dei veicoli elettrici. Se quindi molta attenzione è stata posta fino ad ora sulla possibilità di creare una infrastruttura per la transizione verso la mobilità sostenibile [3], ancora poco si è fatto in vista di possibili modificazioni della struttura e organizzazione del business della ricarica elettrica [4].

La diffusione dei veicoli elettrici a uso privato è ormai evidente. Il trend delle vendite a livello globale vede una crescita continua di vetture immatricolate negli ultimi anni. Nel mondo, nel 2017 il numero di auto elettriche vendute è cresciuto circa del 57% rispetto all'anno precedente arrivando a quota 1,2 milioni e raddoppiando il numero di auto vendute due anni prima [5]. L'andamento del mercato all'interno dei confini italiani rispecchia a pieno il trend crescente ma con numeri molto più contenuti soprattutto considerando il rapporto tra le vendite dei veicoli elettrici e quelli alimentati a fonti fossili.

Sempre secondo [5] la crescita ha coinvolto anche l'infrastruttura di ricarica elettrica aumentando del 25% il numero di postazioni per la ricarica. In termini assoluti, il numero di stazioni di ricarica è ritenuto ancora troppo esiguo dai consumatori che lo trovano insufficiente per un utilizzo totale dei veicoli elettrici. La sensazione è che ci siano ancora preoccupazioni verso l'adozione diffusa di questi mezzi relativamente alla

limitata distanza di percorribile, ai lunghi tempi di ricarica ed ai grandi costi di sostituzione della batteria. Inoltre, sebbene il numero di stazioni di ricarica rapida delle batterie stia aumentando, il tempo di ricarica presso queste è ancora troppe volte considerato troppo lungo e l'utilizzo sistematico della ricarica rapida si crede che possa ridurre la durata delle batterie [6].

La strada più semplice, da parte dei governi locali, per stimolare la diffusione della mobilità elettrica privata sembra quella dell'incentivazione dell'uso e dell'acquisto dei veicoli elettrici. In Italia, al momento non sono presenti incentivazioni dirette per l'acquisto di vetture elettriche ma solo misure di tipo indiretto volte allo sviluppo dell'infrastruttura di ricarica elettrica. In particolare, per favorire la diffusione di veicoli elettrici è stato introdotto l'obbligo di installazione di colonnine di ricarica auto elettriche in condominio, secondo il d.lgs. 257/2016 (ma anche la nuova Direttiva 2018/844/UE) all'art. 15 comma 1 (che va a modificare l'art. 4 comma 1-ter del TU del D.P.R. 380/2001). Il decreto, rivolto alla ricarica domestica per auto elettriche, infatti introduce l'obbligo per gli edifici di nuova costruzione con più di 10 unità abitative (condomini) alla predisposizione per l'installazione di infrastrutture condivise per la ricarica dei veicoli, idonee a permettere la ricarica delle auto elettriche da ciascun parcheggio coperto o scoperto e da ciascun box per auto, siano essi pertinenziali o no, e, per i soli condomini, per un numero di spazi a parcheggio e box auto non inferiore al 20% di quelli totali. Un altro aspetto importante del decreto è l'estensione dell'obbligatorietà dei punti di ricarica elettrica anche nei condomini esistenti che sono soggetti a ristrutturazioni importanti di primo livello, per ogni 10 posti auto dovranno essere installati 2 punti di ricarica per veicoli elettrici.

Per quanto riguarda la vendita e l'uso di veicoli elettrici sono presenti alcune misure a livello locale che comprendono la riduzione del costo dei parcheggi per le auto elettriche, permesso di transito nei centri storici e all'interno delle zone a traffico limitato e sconti sul bollo.

La situazione nei paesi europei è ben diversa, in molti casi gli incentivi sono ingenti e indirizzati direttamente all'acquisto delle vetture elettriche. In Norvegia esistono incentivi diretti che riguardano lo sconto del 25% dell'IVA all'acquisto e agevolazioni di vario tipo, in Germania i clienti ricevono dai 3000 ai 4000 euro per l'acquisto di un veicolo, in Francia oltre ad una quota forfettaria di 6000 euro più una cifra variabile nel caso di restituzione della vecchia auto diesel, infine in Gran Bretagna viene restituito il 35% del prezzo di acquisto.

È evidente come la quasi totale assenza di incentivi per l'acquisto di auto da parte dei privati, unitamente alla scarsa diffusione dell'infrastruttura di ricarica, sia un grosso ostacolo verso la diffusione dell'auto elettrica. Per sopperire alla mancanza di una politica di incentivazione è possibile rendere appetibile l'acquisto delle auto garantendo vantaggi ai potenziali clienti attraverso un potenziamento dell'infrastruttura di ricarica elettrica e lo sviluppo di modelli di business in grado di garantire vantaggi

economici dall'utilizzo di veicoli elettrici rispetto ai tradizionali veicoli a combustibile fossile. La diffusione dovrebbe essere tale da consentire al cliente un uso completo dei veicoli elettrici, fino ad ora relegati a brevi tragitti "casa/lavoro" o uscite fuori porta. La diffusione dell'infrastruttura dovrebbe essere capillare e consentire anche l'installazione di postazioni di ricarica per veicoli pesanti ed eventualmente per natanti ad alimentazione elettrica utilizzabili per la navigazione in acque interne e nei porti marittimi.

Nella precedente annualità si è valutato lo sviluppo dell'infrastruttura, attraverso la simulazione del posizionamento di stazioni di ricarica, secondo due aspetti molto importanti: livello di servizio (inteso come prossimità del punto di ricarica con il punto di sosta) e sostenibilità economica da parte del gestore della ricarica.

Lo studio del posizionamento e del dimensionamento dell'infrastruttura di ricarica si è basato sull'analisi di dati registrati dalla Società OctoTelematics riguardanti la zona urbana del quartiere Eur di Roma, raccolti dalla geo-localizzazione di un parco auto per 7 giorni consecutivi ricadenti nel mese di maggio 2013.

La necessità di un importante sviluppo di un'infrastruttura che possa favorire la crescita sostanziale dell'utilizzo dei veicoli elettrici ha spinto la Comunità Europea e lo stato italiano a prendere alcuni provvedimenti in questa ottica.

Il primo passo verso la diminuzione del divario di diffusione dell'infrastruttura di ricarica elettrica rispetto agli altri paesi europei è stato fornito dal Piano Nazionale Infrastrutturale per la Ricerca (PNire) il quale, dopo numerose revisioni, ha pubblicato un set di linee guida a riguardo. L'obiettivo è quello di individuare una rete che possa garantire una continuità di erogazione su tutto il territorio nazionale ed internazionale partendo dalle piccole aree comunali arrivando alle grandi aree metropolitane. Tale programma ha attivato anche la definizione di misure a livello nazionale e regionale per il supporto degli investimenti dei privati verso la costruzione dell'infrastruttura di ricarica.

Il primo input per lo sviluppo di infrastruttura di ricarica in grado di garantire un servizio minimo uniforme in tutto il territorio nazionale è stato dato dall'art. 17 septies «Piano nazionale infrastrutturale per la ricarica dei veicoli alimentati ad energia elettrica (PNire)» dalla legge 7 agosto 2012, n. 134 "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 22 giugno 2012, n. 83, recante Misure urgenti per la crescita del Paese". Nell'articolo si persegue la crescita della flotta di veicoli elettrici circolanti soprattutto in contesto urbano attraverso la diffusione di mezzi pubblici o l'acquisto privato. A tal fine il comma 8 dell'art. 17 septies della richiamata legge n. 134/2012 prevede l'istituzione di un apposito fondo presso il Ministero delle infrastrutture e dei trasporti (MIT). Le successive delibere vedono la promozione di accordi con le

regioni in modo da istituire fondi per il finanziamento delle infrastrutture e per l'acquisto dei veicoli elettrici.

L'attività di ricerca di questo anno che si allaccia a quella già presentata nella precedente annualità vuole sfruttare le possibilità offerte dallo scenario italiano per sviluppare un programma di valutazione della crescita di un'infrastruttura di ricarica per veicoli privati attraverso uno studio di natura prettamente economica. In particolare, l'obiettivo del lavoro è proporre alcuni modelli di business per la gestione di un servizio di ricarica all'interno di uno scenario di mercato oligopolistico. Il lavoro prevede quindi l'analisi della situazione attuale sia per quanto riguarda il panorama economico locale sia per quello internazionale. Si approfondisce poi lo studio degli scenari e la proposizione di alcuni modelli di business in grado di garantire massimi profitti in funzione del contesto di applicazione.

### *1.1 Richiamo al contesto internazionale e a quello nazionale*

In generale il trend di vendita di auto elettriche è crescente su tutto il territorio europeo. I costruttori sembrano ormai consapevoli dell'importanza della mobilità elettrica e sono tutti indirizzati verso lo sviluppo di tale tecnologia. Per quanto riguarda il numero di auto vendute, quelle dotate di motorizzazioni ibride sono ancora in maggioranza rispetto alle auto ad alimentazione esclusivamente elettrica. La motivazione potrebbe essere contenuta nella consolidata scarsa fiducia dei clienti verso l'infrastruttura di ricarica.

La situazione europea per quanto riguarda la diffusione delle vetture elettriche e per la diffusione dell'infrastruttura di ricarica è alquanto eterogenea. In Norvegia ad esempio la diffusione dei veicoli elettrici è la più alta al mondo e la popolazione ha ormai una discreta fiducia verso tale tecnologia. La Svezia è dotata della più rete di ricarica più diffusa al mondo, la Francia e la Germania hanno disposto incentivi per l'acquisto di auto elettriche.

In Italia il tasso di diffusione della mobilità elettrica è tra i più bassi a livello europeo. Fino ad ora le istituzioni nazionali si sono mosse solo verso la mobilità a basse emissioni (ad esempio a gas naturale) ma mai espressamente verso l'elettrico.

Rispetto alla precedente annualità nessuna misura è stata presa per incentivare la vendita delle auto elettriche, per questo motivo per la trattazione più estesa della situazione legislativa si rimanda al report dell'annualità precedente.

## 2 Stato dell'Arte sui Modelli di Business del settore

Un business model è la descrizione della modalità con cui un'organizzazione conquista un vantaggio rispetto ai concorrenti e crea valore per sé e i suoi clienti. Dal punto di vista del cliente il valore è rappresentato dalla differenza tra benefici ricevuti e costi sostenuti. Il business model è quindi il metodo con cui l'organizzazione si presenta sul mercato e con cui deve poter attrarre il maggior numero possibile di clienti aumentando i loro vantaggi attraverso offerte innovative [7].

Il tema del modello di business sembra quindi assumere un ruolo centrale nel contesto della mobilità elettrica nel tentativo di guadagnare un numero sempre maggiore di clienti. Pertanto, sono necessari nuovi concetti di mobilità e modelli di business che trasformano i vantaggi tecnologici dei veicoli elettrici in valore aggiunto per i clienti. La letteratura propone vari approcci per cercare di ridurre i costi relativi alla gestione dei veicoli elettrici e aumentarne la diffusione, tra cui: migliorare lo sfruttamento dei veicoli attraverso strategie di car sharing che consentirebbero di diminuire i costi di capitale su un numero maggiore di clienti, introdurre il concetto di smart grid che utilizza le batterie dei veicoli per limitare i problemi relativi ai picchi di carico della rete, utilizzare le parti non più idonee come le vecchie batterie per applicazioni statiche di accumulo di energia [8], riservare vantaggi ai possessori di auto elettriche quali la possibilità di utilizzare gratuitamente vetture a combustione nel caso di necessità di maggiore autonomia.

Questi approcci possono effettivamente aiutare a promuovere la penetrazione del mercato dei veicoli elettrici, ma allo stesso tempo diventa chiaro quanto siano complessi questi concetti. Ad esempio, questi dovrebbero integrare completamente nuovi soggetti, che finora non hanno fatto parte della catena del valore per i veicoli a combustione.

La conseguenza è che per i diversi casi applicativi sono presenti numerosi potenziali modelli di business per i quali le società partecipanti e la loro quota nella creazione di valore devono essere accuratamente definite. Inoltre, i singoli soggetti interessati sono incerti su quali modelli di business siano realmente efficaci per la monetizzazione dei loro investimenti, portando un senso di titubanza nella gestione del mercato. Attualmente, sono stati proposti numerosi modelli di business che tuttavia sono ancora allo stato embrionale e rappresentano progetti pilota, di natura esplorativa, in cui i ruoli dei singoli stakeholder non sono ancora chiari [9].

In generale, tutti i Modelli di Business (Business Models - BM) sono pensati per essere redditizi. Per soddisfare questo requisito ciascun modello deve essere in grado di creare valore per i clienti e fornire profitti economici per le aziende che creano il valore [10] **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

Il valore per i clienti è rappresentato da beni e servizi o dalla garanzia di risparmi economici rispetto a opzioni alternative.

La loro notevole importanza in questo settore è data dalla possibilità che hanno di condizionare il mercato delle auto elettriche spronandone l'acquisto e l'utilizzo. Come già ricordato in mancanza di incentivazioni dirette da parte dello stato (come avviene allo stato attuale in Italia) difficilmente il mercato legato alla mobilità elettrica potrà avere una repentina crescita. La possibilità di creare modelli di business da parte di erogatori privati potrebbe causare un positivo allargamento del mercato, un potenziamento dell'infrastruttura delle ricariche e una maggiore diffusione dei veicoli elettrici. Al momento, le maggiori problematiche per la diffusione delle vetture elettriche riguardano gli alti costi di acquisto, la scarsa autonomia in termini di percorrenza possibile e i lunghi tempi di ricarica.

Lo sviluppo di nuovi modelli di business deve quindi convincere il cliente ad optare per una scelta inizialmente indubbiamente costosa ma che nel medio-lungo periodo porti a vantaggi di natura economica per gli utilizzatori. In pratica si deve cercare di far preferire l'uso di veicoli elettrici ai tradizionali veicoli.

L'analisi della letteratura tecnico-scientifica ha consentito di fare chiarezza sull'offerta attuale di modelli di business per veicoli elettrici e per la gestione del servizio di ricarica. Essendo il tema centrale del progetto lo sviluppo di un modello di business in grado di garantire valore aggiunto all'interno di un mercato di tipo oligopolistico, il lavoro svolto si è concentrato soprattutto sui modelli di business per la gestione della rete di ricarica.

Tra le tante possibilità di classificare i modelli di gestione delle infrastrutture di ricarica quella che sicuramente risulta la più efficace è quella che vede la suddivisione secondo due grandi categorie:

1. modelli che prevedono la ricarica domestica (in spazi privati);
2. modelli che prevedono lo sviluppo di un'infrastruttura ad uso pubblico.

La prima tipologia di servizio è sicuramente la più diffusa e vede l'abitazione come punto di ricarica principale. Questo tipo di servizio consente sicuramente innumerevoli vantaggi. Tra questi troviamo la possibilità di sfruttare le ore di sosta dei veicoli all'interno di box e posti auto privati per effettuare ricariche parziali o totali. La ricarica domestica, tipicamente lenta perché effettuata a potenza ridotta, è ideale per le attuali batterie in uso sui veicoli che normalmente soffrono le ricariche rapide ripetute.

La seconda tipologia è sicuramente la più interessante da un punto di vista delle potenzialità di sviluppo e per la creazione di business model e riguarda il posizionamento di stazioni di ricarica in grado di garantire tempi di ricarica bassi e bassi costi per il cliente. Solitamente l'infrastruttura viene pensata per essere installata in punti di interesse (centri commerciali, ristoranti...), parcheggi pubblici e strade extraurbane/autostrade. La ricarica in queste stazioni può essere sfruttata e pagata secondo business models che sono oggetto di questo studio.

È chiaro quindi che il presente studio è indirizzato verso la caratterizzazione delle possibilità di crescita di una rete pubblica per la ricarica rapida. I modelli domestici non sono stati considerati all'interno del presente rapporto poiché poco vantaggiosi a livello tecnico-economico.

La ricerca ha quindi riguardato i business models proposti e già utilizzati per la fornitura del servizio di ricarica elettrica con colonnine di ricarica pubbliche.

Nel vasto panorama dei business models individuati è possibile evidenziare:

1. Modelli già sviluppati e utilizzati in Danimarca, in cui sono presenti una società privata e un cliente. La società fornisce al cliente un servizio completo per tutte le esigenze di ricarica. Le stazioni di ricarica, pensate come gli attuali distributori di carburante, contengono punti di ricarica (colonnine) utili per la ricarica rapida e parziale dei veicoli e anche una stazione di sostituzione della batteria scarica con una carica. La scelta del cliente avviene sulla base del tempo che è disposto ad aspettare per la ricarica e dell'autonomia di cui ha bisogno. La sostituzione garantisce tempi di attesa minimi e autonomia massima, ad un prezzo ovviamente maggiore rispetto alla ricarica tradizionale. Il gestore trae profitto dal leasing delle batterie e dai vari servizi proposti. Il cliente paga mensilmente un leasing per la batteria e singolarmente le ricariche effettuate [11].
2. Modelli sviluppati negli Stati Uniti ma non ancora in uso in cui il soggetto è un operatore privato o pubblico e fornisce un servizio di ricarica tradizionale attraverso colonnine. Nel modello è inserito anche un terzo soggetto rappresentato dalle autorità locali le quali incoraggiano l'installazione di impianti di ricarica ad uso pubblico attraverso la riduzione delle imposte sugli immobili che li ospitano. Un modello di questo tipo, oltre a diminuire i costi per l'erogatore del servizio è mirato a facilitare la diffusione e l'ampliamento dell'infrastruttura di ricarica e favorire l'aggiornamento del servizio elettrico e delle tecnologie dei veicoli a batteria e plug-in [8].
3. Modello sviluppato in Italia grazie alla ricerca del Gruppo Hera in cui sono presenti un soggetto erogatore e un cliente. L'erogatore del servizio di ricarica è anche colui che facilita l'acquisto delle vetture elettriche da parte dei clienti partecipando a un'aliquota della spesa riducendo così il costo di acquisto o della proprietà del veicolo. La società dopo un'ingente spesa iniziale trae vantaggio dalla vendita di energia e dai costi del servizio di ricarica. In questo modo si facilita la vendita di auto elettriche scavalcando uno degli ostacoli più influenti ovvero quello dell'alto prezzo di acquisto [8].
4. Modello, sviluppato e testato attraverso alcuni casi di studio in Italia, in cui sono presenti 3 soggetti: distributore di energia elettrica (es. società di vendita energia o altri soggetti), gestore dei punti e dei servizi di ricarica e cliente. I servizi possono essere gestiti secondo un modello chiuso (es. distributori carburanti con vendita di energia solo ai clienti elettrici del fornitore dei servizi) o secondo un modello aperto (es. Bancomat con vendita energia estesa anche a clienti di altri

- fornitori dei servizi)[12]. I profitti per il gestore provengono dal servizio di ricarica e da altri servizi accessori che possono essere erogati durante la sosta per la ricarica.
5. Modello, sviluppato e testato attraverso alcuni casi di studio in Italia, in cui sono presenti 2 soggetti, il proprietario della struttura privata ad uso pubblico e il cliente. Il gestore installa e gestisce all'interno della propria struttura alcune stazioni di ricarica per i propri clienti e collaboratori. Il servizio può essere erogato ai clienti in maniera gratuita o definendo una tariffa in funzione dell'occupazione del parcheggio e della ricarica. Il gestore può trarre vantaggio dalla vendita del servizio di ricarica nel caso di tariffazione diretta oppure trarre vantaggio dall'immagine positiva generata dal servizio offerto [13].
  6. Modello di business già implementato nella città di Genova in cui sono presenti due soggetti: il gestore del servizio e il proprietario del veicolo. Il gestore stipula un contratto con il proprietario in modo tale da rendere quest'ultimo parte integrante della rete. In questo modo l'energia viene scambiata in maniera bilaterale dalle colonnine al veicolo e quella disponibile nelle batterie dei veicoli sarebbe utilizzabile nei periodi di picco di richiesta da parte della rete. Il cliente paga la ricarica secondo la tariffa definita nel contratto mentre il gestore trae beneficio anche dal livellamento dei carichi sulla linea [13].
  7. Modello, proposto in Germania, in cui sono presenti un soggetto erogatore privato ed un cliente. Il servizio di ricarica avviene nelle postazioni dotate di colonnine e il pagamento dell'energia avviene seguendo una tariffa fissa oppure variabile secondo le fasce orarie. Anche se la tariffazione fissa è storicamente accolta in maniera più positiva dagli utenti rispetto ad una più complessa soluzione con fasce differenziate, una sostanziale diversificazione dei prezzi potrebbe spingere i clienti verso l'adozione di tariffe con prezzi variabili [14]. In questo tipo di business il cliente paga singolarmente le ricariche.

## 3 Descrizione della Metodologia d'Analisi

### 3.1 Ipotesi sullo sviluppo dei possibili modelli di business

Prima di illustrare il modello utilizzato per l'analisi di scenario, partendo dai risultati dell'analisi bibliografica, sono stati selezionati e sviluppati alcuni modelli di business tra i più opportuni per la proposizione di un servizio di ricarica elettrica per veicoli.

Per questo motivo all'interno dell'insieme dei modelli di business disponibili sul panorama nazionale ed internazionale si è scelto di simulare il comportamento di un sottoinsieme di tali modelli. La scelta è stata effettuata partendo da alcune ipotesi limitanti del panorama di modelli implementabili tra cui le seguenti:

1. Tutte le stazioni di ricarica dispongono dei medesimi servizi e della stessa tecnologia (ULTRA FAST DC a 50 kW) e non altre tipologie quali la ricarica AC o ricarica wireless. In questo modo è stato possibile escludere dalla ricerca alcune delle tipologie di ricarica più innovative ma che non rappresentano ancora uno standard diffuso in tutto il mondo.
2. Una ricarica può durare al più 30 minuti, nell'ipotesi che il veicolo si appresti alla stazione con uno State of Charge (SOC) della batteria pressoché nullo (worst case analysis). La scelta è motivata dalla possibilità che alcune stazioni hanno di garantire tempi di ricarica inferiori ai 30 minuti (soprattutto in caso di ricariche parziali). In questo modo i risultati ottenuti sono di tipo cautelativo e rappresentano la casistica peggiore per quanto riguarda il tasso di disponibilità della stazione e i tempi di attesa minimi.
3. Il mercato è esercito con un regime di tipo Oligopolistico. La scelta è motivata dalla volontà di estendere la ricerca ad un più realistico scenario che vede la presenza di più attori sul mercato in grado di far variare il prezzo del servizio di ricarica e quindi potenzialmente di condizionare le scelte del pubblico.
4. Non sono previsti servizi di leasing di auto elettriche o contratti agevolati per la fornitura di energia elettrica domestica stipulando contratti con un determinato fornitore. In questo modo è possibile uniformare il pubblico non inserendo ulteriori vincoli di scelta per i potenziali clienti.
5. Gli enti erogatori del servizio di ricarica nelle stazioni sono privati. Tale scelta è motivata dalla volontà di sviluppare un modello appartenente ad un mercato non condizionato da interventi pubblici che potrebbero condizionare il prezzo del servizio e quindi le scelte dei clienti.

L'introduzione di queste limitazioni serve per poter ridurre il numero di modelli utilizzabili nelle successive fasi, eliminando quelli che partono da ipotesi differenti da quelle imposte dall'attuale contesto e selezionando quelli che per motivi di implementazione ed impatto sul mercato sono valutati come migliori.

### 3.2 Ipotesi e dati di input del modello

In quanto prosecuzione delle attività svolte durante l'annualità 2016, i dati di partenza per le successive estrapolazioni sono gli stessi dati già utilizzati per le analisi descritte nel rapporto del progetto PAR 2016.

La domanda è stata ipotizzata essere identica alle informazioni fornite dalla società OctoTelematics sulle soste di automobili avvenute dal 06/05/2013 al 12/05/2013 nel territorio del quartiere EUR della Città di Roma avente le seguenti dimensioni Superficie: 5,67 km<sup>2</sup> Abitanti: 9.554. La scelta nell'utilizzo dei dati è stata dettata dalla percentuale di utenti registrata dalla società OctoTelematics dichiarata essere dell'ordine del 6% della popolazione in movimento su automobili. Tale dato risulta ben al di sopra dell'attuale presenza di autoveicoli elettrici sul territorio nazionale che come avanzato in premessa si attesta attorno allo 0,1% del circolante auto, ma può essere un dato utile di partenza per il dimensionamento di una rete che nei prossimi 10 anni si spera possa servire una popolazione di utenti molto più cospicua.

Dai dati forniti e di seguito analizzati, nell'area oggetto di studio e nel periodo temporale sopra indicato si rilevano 3071 soste, identificate come 3071 potenziali punti di domanda del servizio di ricarica elettrica distribuite nelle 24 ore per ognuno dei 7 giorni di monitoraggio.

Grazie a questi dati è stato possibile ricostruire in modo agevole una Domanda di Servizio di Ricarica sul territorio individuando i momenti di sosta come punti di domanda da dover servire.

Per la definizione, invece, dell'Offerta di Servizio di Ricarica sul territorio preso in esame, sono stati individuati attraverso una ricerca puramente visiva e centrata alla copertura dell'intera area, 32 potenziali siti per l'apertura di stazioni di ricarica coincidenti con aree di sosta, parcheggi e grandi stazioni di erogazione di carburante riportati in Tabella 1, la cui localizzazione geografica è riportata in Figura 1:

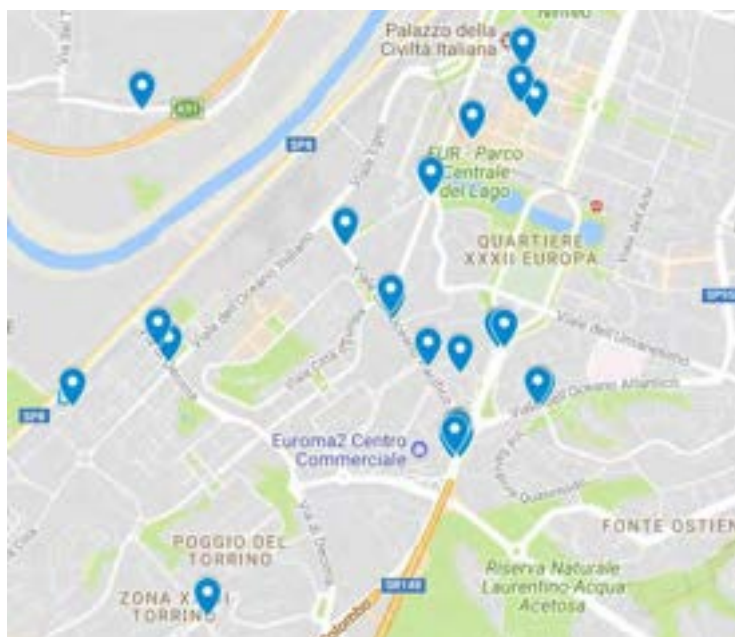


Figura 1: Mappa delle stazioni di servizio attivate

**Tabella 1: Elenco potenziali siti per apertura di stazioni di ricarica**

ID Potenziale localizzazione	lat	long	Tipo	Denominazione	Indirizzo
1	41,8268	12,4547	Stazioni di carburante	Agip	I-Roma Viale Dell' Oceano Pacifico
2	41,8171	12,4619	Stazioni di carburante	Agip	I-Roma Via Cristoforo Colombo
3	41,8167	12,4621	Stazioni di carburante	Agip	I-Roma Via Cristoforo Colombo
4	41,8191	12,4673	Stazioni di carburante	DKV (Erg)	I-00144 Roma (Rm) Viale Dell'Oceano Atlantico
5	41,8171	12,462	Stazioni di carburante	DKV (Agip)	I-44 Roma Via C. Colombo 708
6	41,8166	12,4616	Stazioni di carburante	DKV (Erg)	I-00144 Roma V.Colombo/V.O.Pacif.
7	41,8207	12,4621	Stazioni di carburante	Eni	I-Italia
8	41,8212	12,4434	Stazioni di carburante	Eni	I-42 Via Di Decima Roma
9	41,8333	12,4417	Stazioni di carburante	Eni	I-Via Isacco Newton di prossima apertura
10	41,8233	12,4577	Stazioni di carburante	Eni	I-Viale dell'oceano pacifico
11	41,8091	12,4459	Stazioni di carburante	Eni	I-lavaggio
12	41,8167	12,4621	Stazioni di carburante	Eni	I-Via Cristoforo Colombo Roma
13	41,8171	12,4619	Stazioni di carburante	Eni	I-Via Cristoforo Colombo Roma
14	41,8192	12,4671	Stazioni di carburante	ERG	I-Roma Viale Dell'oceano Atlantico
15	41,8166	12,4616	Stazioni di carburante	ERG	I-Via Cristoforo Colombo Roma
16	41,821	12,46	Stazioni di carburante	Esso	I-Viale Dell'Oceano Pacifico Roma
17	41,822	12,4427	Stazioni di carburante	Euroshell (Shell)	I-via di Decima
18	41,8292	12,4601	Stazioni di carburante	Euroshell (Shell)	I-Viale della tecnica RM
19	41,8219	12,4645	Stazioni di carburante	Euroshell (Shell)	I-Via C.Colombo RM
20	41,8236	12,4576	Stazioni di carburante	IP	I-Viale Dell'Oceano Pacifico Roma
21	41,8169	12,4618	Stazioni di carburante	GPL/LPG	I-Roma V C Colombo-Erg
22	41,2928	12,4604	Stazioni di carburante	Q8	I-Italia
23	41,8267	12,4547	Stazioni di carburante	Q8	I-Viale Dell'Oceano Pacifico Roma
24	41,8219	12,4645	Stazioni di carburante	Shell	I-Roma
25	41,8219	12,4649	Stazioni di carburante	Shell	I-Roma
26	41,8292	12,4602	Stazioni di carburante	Shell	I-Roma
27	41,8329	12,4669	Stazioni di carburante	I-Total	
28	41,8191	12,4372	Parcheggio	Tor Di Valle Piazzale Ezio Tarantelli	
29	41,8031	12,4524	Parcheggio	Parcheggio Ifo Regina Elena - S.gallicano	
30	41,8319	12,4629	Parcheggio	Officina Eur Srl	
31	41,8354	12,4661	Parcheggio	Car Parking S.r.l.	
32	41,8336	12,466	Parcheggio	Eur Parking Srl	

L'attivazione di tutte le stazioni ipotizzate comporterebbe un impiego eccessivamente ingente di risorse, tra l'altro non derivante e non associato ad un reale studio della domanda sul territorio né tantomeno della sostenibilità delle stazioni qualora come investitori/gestori fossero coinvolti soggetti privati. Pertanto, si propone un approccio euristico tale da minimizzare il numero di risorse impiegate, massimizzando contemporaneamente il livello di servizio cioè il numero di utenti serviti, la prossimità delle stazioni attivate rispetto al punto di sosta dell'utente e la preferibilità di un operatore di mercato ad un altro.

Essendo il regime di mercato di tipo oligopolistico, infatti, non è presente un unico operatore di offerta che impone ad arbitrio il prezzo dell'energia elettrica per la singola ricarica in maniera uniforme per tutte le sue stazioni: in tal caso, infatti, il livello di sostenibilità del punto di offerta è dettato dalla sola vicinanza della stazione di ricarica dal punto di sosta. Nel mercato di tipo oligopolistico, essendo presenti più operatori di offerta (gestori della stazione) ognuno dei quali implementa un proprio (e differente) modello di business, la scelta degli operatori di domanda di ricevere il servizio di ricarica non si basa più esclusivamente su un criterio di prossimità dal punto di erogazione; quest'ultimo viene ponderato con un "criterio di convenienza" a favore di un preciso operatore di offerta a scapito di un altro.

Dall'analisi dei dati appena descritti si è approcciato il problema con l'obiettivo di rispondere alle seguenti "research questions":

- q.1 Definire il numero ottimale di stazioni di ricarica da attivare in base ad una logica di domanda/offerta e sostenibilità economica sopra descritta;
- q.2 Definire la localizzazione delle stazioni di ricarica all'interno dell'area presa in esame, ovvero definire il sottoinsieme di stazioni da attivare delle 32 ipotizzate;
- q.3 Dimensionare le stazioni di ricarica in termini di numero di prese e quindi di potenza massima installata per singola stazione;
- q.4 Allocare gli utenti alle stazioni di ricarica aperte (output q.1 e q.2) per singola fascia oraria definendo un livello di servizio in termini di tempo di attesa;
- q.5 Definire i carichi temporali massimi di domanda di energia per singola stazione.

Nell'ottica di sostenibilità e convenienza economica il problema in esame è stato approcciato e risolto tenendo conto dei seguenti vincoli:

- v.1 La distanza che deve percorrere l'utente per raggiungere la stazione di servizio assegnata deve essere compatibile con la carica ancora disponibile, in particolare ogni utente deve poter raggiungere la stazione di ricarica più vicina delle 32 proposte pena l'inammissibilità del problema;
- v.2 Tutti gli utenti devono essere assegnati ad una stazione di ricarica (conservazione della domanda);
- v.3 Un cliente viene assegnato ad una sola stazione di ricarica.

Al fine di risolvere il problema sopra descritto si è utilizzato un approccio euristico costruendo  $n$  scenari sulla base delle seguenti ipotesi:

- h.1 Si assume l'ipotesi di oligopolio degli investitori sul territorio considerato;
- h.2 Si assume un tipo di servizio di ricarica veloce della durata standard di 30min uguale per tutti gli investitori;
- h.3 Si assume che la carica residua di ogni utente sia almeno sufficiente a raggiungere la stazione di ricarica più vicina, pur non essendo quella desiderata dall'utente, altrimenti si considera la sua inammissibilità al problema;
- h.4 Si assume che la scelta del cliente sia dettata da considerazioni di carattere puramente economico sulla "convenienza" del servizio di ricarica erogato, portando in conto sia le differenze di prezzo sia la distanza che intercorre con le postazioni di ricarica.

### 3.3 Approccio Metodologico

L'approccio metodologico sviluppato nell'annualità precedente è un valido punto di partenza per le analisi affrontate in questa annualità. In particolare, nella precedente annualità si cercava di stabilire il sottoinsieme delle posizioni all'interno delle 32 disponibili caratterizzato da una maggiore utilizzabilità da parte della clientela utilizzando solo una caratterizzazione spaziale.

Rispetto alla precedente, nella presente annualità l'obiettivo dell'analisi si è spostato verso la ricerca delle posizioni che garantirebbero una fattibilità migliore secondo un vincolo di tipo spaziale ed economico.

L'analisi è stata sviluppata seguendo una metodologia in più fasi:

- Allocazione degli utenti in base ai punti di sosta forniti dai dati in input al problema, alle  $n$  stazioni di ricarica previste sulla base di un **Criterio di Minimo Costo dovuto alla combinazione di prezzo di ricarica e distanza da percorrere**, si escludono le stazioni che non allocano nessun utente e si definisce l'insieme delle stazioni utilizzate.
- Si analizza l'allocazione degli utenti in modo tale che la sostenibilità economica dell'investimento sia garantita da un numero minimo di utenti serviti nel periodo di tempo analizzato. Nel caso di limite non raggiunto la postazione verrà considerata non utilizzabile e gli utenti redistribuiti nelle stazioni opportune.
- Dopo aver definito l'insieme delle stazioni da installare viene calcolato il livello di servizio garantito dalle stazioni. In particolare, si calcola il numero di prese da installare in ogni stazione di ricarica considerando la capacità infinita sia nel caso di tempo di attesa nullo che nel caso del tempo di attesa massimo di 10 minuti;

- Si rilassa l'ipotesi di capacità infinita della stazione di ricarica e si calcola un numero ottimo di prese da installare per garantire un livello di servizio adeguato.
- Si effettua un'analisi di fattibilità economica sulla base dei risultati ottenuti dal processo di progettazione dell'infrastruttura di ricarica elettrica.

### 3.4 Ipotesi per lo studio di fattibilità economica

Uno degli obiettivi del lavoro è la verifica di fattibilità economica dell'investimento. Per poter operare una valutazione così complessa è necessario introdurre alcune ipotesi desunte dall'analisi dello scenario attuale del mercato dei servizi di ricarica elettrica. Di seguito le ipotesi utilizzate per lo studio di fattibilità economica ed il calcolo del periodo di rientro dagli investimenti.

• Prezzo servizio ricarica:	10	€/ricarica;
• Numero giorni di servizio:	320	giorni/anno;
• Costo energia:	0.22	€/kWh;
• Ricarica completa:	40	kW;
• Costo investimento stazione tripla presa:	23000	€/stazione tripla presa;
• Costo di allaccio alla rete:	3500	€/stazione tripla presa;
• Costo di installazione:	1500	€/stazione tripla presa;
• Totale investimento	28000	€/stazione tripla presa
• Interessi passivi (5% in 5 anni)	3000	€
• Totale investimento stazione con tre prese	31000	€/stazione tripla presa
• Costo di gestione dell'infrastruttura	500	€/stazione tripla presa/anno
• Tassazione	1/3	MOL €

### 3.5 Modello Matematico del problema di ottimizzazione

Il modello matematico del problema che si intende risolvere si basa su un modello noto nell'ambito della Ricerca Operativa come Problema di Assegnamento.

Tutti i problemi decisionali rappresentati in maniera analitica per cui si ricerca una soluzione ottima o sub-ottima sono noti come problemi di ottimizzazione risolvibili o con algoritmi esatti o come nel caso di studio in esame con algoritmi euristici-ottimizzatori.

Nel dettaglio è possibile formulare come di seguito mostrato il problema di allocazione degli utenti alle stazioni attivate:

*Definizione degli insiemi di dati*

Sia  $M = \{1..i..m\}$  insieme di cliente che necessitano di un servizio di ricarica.

Sia  $N = \{1..j..n\}$  insieme di potenziali stazioni da attivare per il servizio di ricarica dislocato nell'area urbana studiata.

Sia  $Z = \{1..s..z\}$  insieme di punti di sosta rappresentativi della domanda da soddisfare.

I seguenti dati sono noti all'interno dell'oggetto di analisi dell'area urbana:

- $SOC_i$  distanza già percorsa dall'utente  $i$  ;
- $C_i$  carica elettrica iniziale per l'utente  $i$  ;
- Posizione $_j$  della potenziale stazione di ricarica;
- Variabili del business model

Grazie ai dati disponibili è possibile procedere all'assegnamento utente-stazione attraverso la formulazione del seguente problema.

$$\text{Min} \sum_{i=1}^M \sum_{s=1}^Z \sum_{j=1}^N (\alpha \cdot \beta \cdot D_{sij} \cdot x_{sij} + (1 - \alpha) \cdot P_j) \quad (1)$$

dove:

$$\sum_{s=1}^Z \sum_{j=1}^N x_{sij} = 1 \quad \forall i \quad (2)$$

$$\sum_{s=1}^Z \sum_{j=1}^N D_{sij} \cdot x_{sij} \leq C_i - SOC_i \quad (3)$$

$$x_{sij} \in \{0,1\} \quad (4)$$

La variabile binaria  $x_{sij}$  è uguale a 0 nel caso di mancata allocazione e uguale ad 1 se l'utente  $i$  associato alla sosta  $s$  è destinato a ricaricare la propria auto presso la stazione  $j$ .

I vincoli (2), (3) e (4) riportati nella formulazione matematica seguente, impongono:

- (2) che ogni utente venga assegnato ad una sola stazione;
- (3) che l'utente abbia ricarica sufficiente a raggiungere la stazione;

(4) la binarietà della decisione: o l'utente viene allocato alla stazione o non viene allocato.

L'equazione (1) rappresenta la funzione obiettivo del problema da minimizzare essendo rappresentativa della combinazione tra distanza tra il punto di sosta  $s$  dell'utente  $i$  e la stazione  $j$  ad esso allocata attraverso la variabile decisionale  $x_{sij}$  e il costo della ricarica elettrica nella stazione  $j$  ( $P_j$ ).

Il problema presenta una complessità ridotta e quindi di semplice risoluzione in quanto l'insieme delle soluzioni da esplorare è limitato e di piccole dimensioni, tali da rendere risolvibile all'ottimo il problema posto senza eccessivi oneri computazionali. La complessità del problema aumenta all'aumentare del numero di variabili, anche se solitamente sono problemi che non necessitano di euristiche complesse in quanto risolvibili all'ottimo anche con il semplice metodo del Simplex.

## 4 Risultati

### 4.1 Modelli di business definiti

Partendo dalla ricerca bibliografica e seguendo le ipotesi definite in precedenza sono stati sviluppati alcuni modelli di business in grado di essere proposti nel mercato monopolistico che si è immaginato per poterne valutare la potenzialità di condizionare il mercato.

Tra i modelli individuati l'oggetto del presente report sono i modelli di business di seguito riportati:

- I. **MODELLO RICARICA ONE-SHOT.** Nel modello sono presenti 2 soggetti: un erogatore del servizio ed un cliente. Il soggetto erogatore del servizio è un privato che potrebbe coincidere o con l'erogatore dell'energia. Il cliente privato che ricarica il proprio veicolo procede con il pagamento dell'energia assorbita secondo un piano a tariffazione variabile in base all'andamento del mercato dell'energia elettrica.
- II. **MODELLO SERVIZIO IN ABBONAMENTO.** Il soggetto erogatore del servizio è un privato che può coincidere o non con l'erogatore dell'energia. Il cliente stipula con l'azienda un contratto per la fornitura di un servizio in abbonamento con massimale di energia assorbito su base temporale (ad esempio mensile). Il servizio viene pagato dal cliente con cadenza definita dal contratto.
- III. **MODELLO PARTNERARIATO.** Il modello prevede la presenza di tre soggetti: l'erogatore del servizio di ricarica, il partner economico e il cliente. Tutti i soggetti sono privati. Il soggetto erogatore pone le proprie postazioni di ricarica all'interno dello spazio di proprietà del partner (ad esempio alberghi, ristoranti, supermercati o parcheggi coperti/aperti) e provvede alla ricarica a tariffa agevolata per i clienti del partner. Il pagamento avviene in modalità diretta.
- IV. **MODELLO PREMIO PRODUZIONE.** Il modello prevede la presenza di 2 soggetti: l'azienda che coincide con l'erogatore del servizio di ricarica e il dipendente/cliente. Ambedue i soggetti sono privati. I dipendenti dell'azienda ricevono premi produzione sotto forma di ricariche presso le strutture dell'azienda/erogatore. Per ognuno dei summenzionati modelli di business (in particolar modo per i primi 2) è possibile sfruttare ulteriori margini di fidelizzazione dei segmenti di mercato con l'introduzione di servizi aggiuntivi quali:
  - Ricariche a punti: tessera fedeltà che premia i clienti con scontistiche sulle successive N ricariche o con gadget e regali;
  - Servizi di prenotazione colonnine.

### 4.2 Applicazione del modello proposto

Come già descritto il modello utilizzato per le simulazioni di scenario effettuate e riportate nel presente rapporto tecnico utilizzano come base di partenza il modello proposto nella precedente annualità. Il modello aggiornato e opportunamente modificato ha reso possibile la valutazione del cambiamento del

comportamento dei clienti al variare di alcune delle condizioni al contorno più importanti nel modello. In particolare, sono state introdotte possibili variazioni a:

- Prezzo di vendita dell'energia e quindi prezzo del servizio di ricarica;
- Variazione del servizio offerto.

Attraverso il modello sviluppato è stato possibile caratterizzare l'importanza dei cambiamenti di scelta del pubblico al variare delle condizioni di mercato. L'applicazione di tale modello ha consentito, caso per caso, di determinare quale sia la configurazione prezzo-servizio per la ricarica elettrica veloce da fornire, tale da garantire una sufficiente redditività di medio periodo per coloro che dovessero decidere di investire in questo settore.

L'imposizione di un modello di business differente da quello di partenza modifica i risultati precedentemente ottenuti sia in termini di scelta delle postazioni in cui installare una stazione di ricarica, sia in termini di afflusso alle singole stazioni.

In questo frangente, nell'analisi è stata simulata una situazione di mercato oligopolistico in cui la gestione del servizio è riservata a pochi soggetti che propongono tariffe per il servizio relativamente differenti tra loro. La funzione obiettivo da minimizzare nel modello che rappresenta la possibilità di scelta degli utenti è la combinazione del prezzo della ricarica e distanza da percorrere.

Il modello di business utilizzato è quello indicato come "one shot" in cui l'utente paga per il servizio di ricarica secondo la tariffazione decisa dal gestore. La scelta è stata motivata dalla migliore accettazione da parte dell'utenza di un servizio simile a quello erogato dalle stazioni di servizio tradizionali.

La scelta del cliente non è quindi veicolata solo dalla distanza da percorrere per arrivare alla stazione più vicina ma considera che il costo di ricarica abbia un'influenza importante sulla scelta della stazione.

Come nella precedente annualità dopo aver assegnato tutti gli utenti alle stazioni sono state valutate utilizzabili sole le stazioni che garantiscono un ritorno economico (condizionato da un numero minimo di utenti) in tempi accettabili secondo la strategia dell'investitore. Le posizioni che non raggiungono il numero minimo di clienti nell'orizzonte temporale definito vengono scartate e gli utenti che avrebbero servito vengono redistribuiti nelle stazioni rimanenti. Per poter garantire un'adeguata copertura economica alle stazioni, solo alcune stazioni con utenze superiori ad un certo numero di clienti (100) a settimana sono state considerate fattibili.

Le successive analisi hanno portato al calcolo del numero di prese di ricarica per ogni stazione. Alcune ipotesi sono state inserite nel modello per poter considerare condizioni di funzionamento realistiche e avulse da particolari offerte di mercato temporanee o fidelizzanti. In particolare, per avere una valutazione realistica dell'effetto del nuovo modello di business sono stati simulati scenari sia inserendo il vincolo di

capacità infinita della stazione di ricarica, sia inserendo vincoli tecnico-economici che hanno limitato la capacità della stazione e aggiunto un tempo di attesa massimo di 10 minuti per i clienti che desiderano usufruire del servizio di ricarica. Un'ulteriore ipotesi è quella che considera il costo del servizio di ricarica variabile entro un intervallo del 5% del prezzo di riferimento.

Partendo da queste premesse è stato possibile identificare all'interno dell'insieme delle 32 possibili postazioni per il posizionamento di una stazione di ricarica elettrica soltanto un sottoinsieme ottimo contenente 7 stazioni, indicate rispettivamente con i numeri 6, 8, 11, 15, 28, 30 e 32 (per i riferimenti vedere Tabella 1). In Tabella 2 sono raccolti i dati di frequentazione e l'allocazione degli utenti sulle 32 possibili stazioni.

**Tabella 2: Allocazioni degli utenti alle potenziali stazioni e sottoinsieme ottimo (evidenziate in giallo)**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
76	55	53	36	46	135	16	178	0	88	572	27	58	38	147	67	69	79	34	89	67	0	70	39	30	76	82	250	82	245	45	216

La metodologia prevede di riallocare gli utenti assegnati alle posizioni non valide ( $n^\circ$  utenti  $< 100$ ) all'interno delle stazioni che, dopo essere state definite valide per numero di utenti allocati, risultino le migliori dal punto di vista del costo tra quelle rimanenti.

Dai risultati in Tabella 3 è possibile desumere che dopo la riallocazione, le migliori postazioni per poter installare una stazione di ricarica che rispettano tutte le ipotesi hanno una frequentazione settimanale superiore a 250 veicoli.

**Tabella 3: Allocazioni al sottoinsieme ottimo di stazioni attivate**

6	8	11	15	28	30	32
419	434	646	440	250	556	326

Prendendo ad esempio la stazione numero sei, è possibile studiare il diagramma orario degli arrivi degli utenti nella settimana in analisi, come mostrato nella seguente Figura 2.

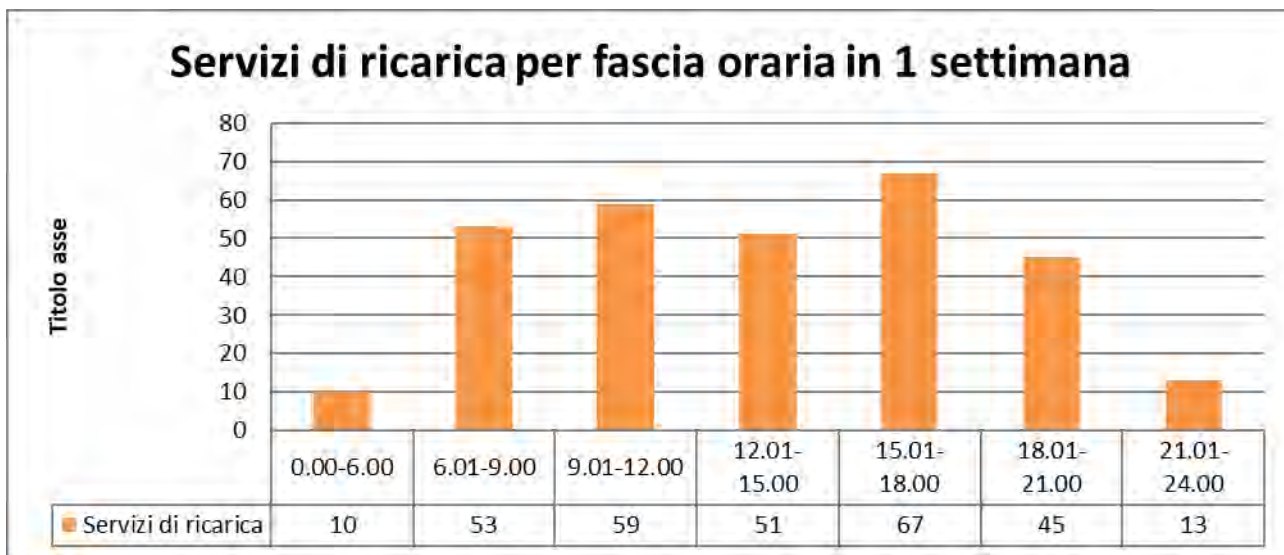


Figura 2: Orizzonte temporale di arrivi di utenti alla stazione 6 nella settimana esaminata

Il diagramma per fasce orarie aggregate su base settimanale mostra, com’era prevedibile, che la maggiore affluenza di utenti alla stazione avviene nelle fasce orarie 9-12 e 15-18, quando è presente un maggior traffico veicolare per le strade urbane.

### 4.3 Esempio di dimensionamento di una stazione e analisi tecnico economica

La procedura sviluppata è servita per definire le postazioni migliori per l’allocazione di una stazione di ricarica. Dai risultati ottenuti è stato possibile calcolare il numero di prese da installare in ogni stazione a seconda del numero di utenti da servire e del livello di servizio da raggiungere.

La prima analisi effettuata ha riguardato il calcolo delle prese nell’ipotesi in cui tutti gli utenti debbano essere serviti immediatamente al proprio arrivo ( $t$  di attesa = 0 min) e la capacità della stazione sia infinita (non è presente un limite tecnico sulla potenza massima erogabile). Il risultato dell’analisi è riassunto in figura 3. Viene mostrato che per garantire il servizio secondo le ipotesi appena definite è necessario installare 25 prese.

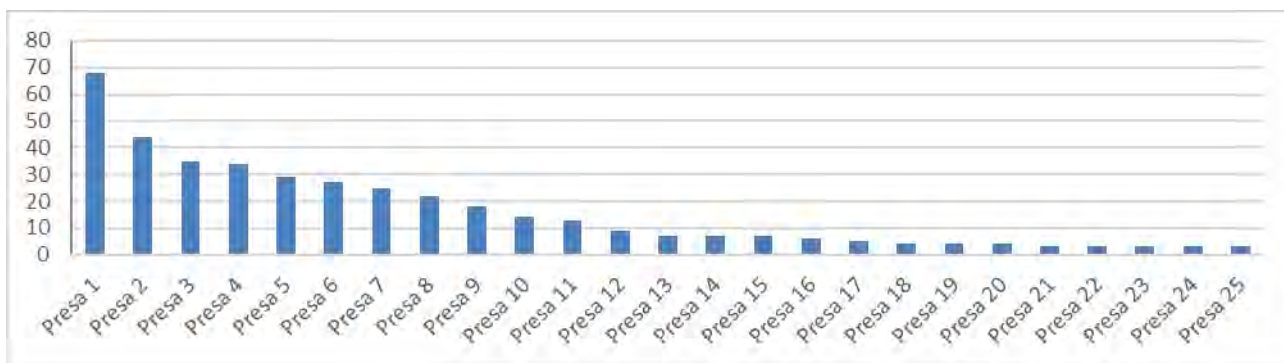


Figura 3: Servizi di ricarica per presa in una settimana per la Stazione 6 ( $t_{attesa}$  = 0 minuti)

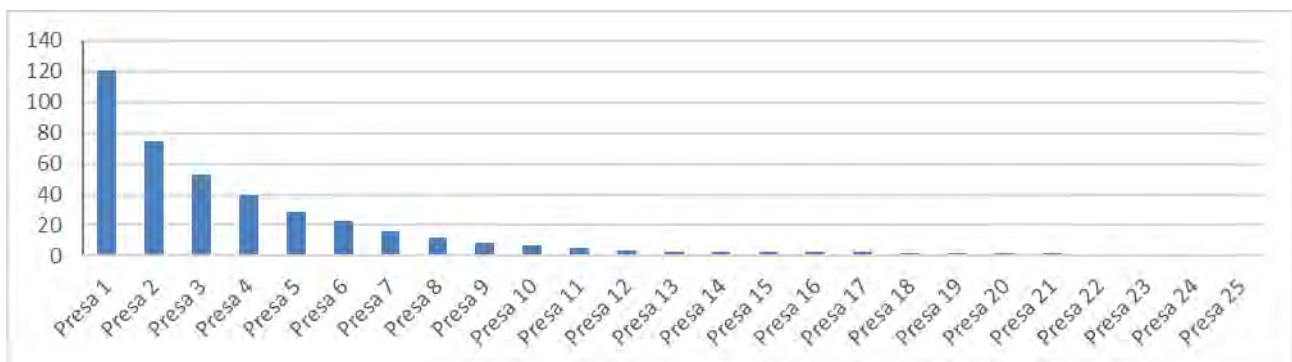
Questo scenario è solamente teorico ma non tecnicamente realizzabile. Per rendere queste ipotesi più realistiche sono stati inseriti alcuni vincoli per quanto riguarda la capacità di erogazione del servizio; infatti, il numero di prese da installare renderebbe l'investimento troppo oneroso per un soggetto privato e il numero esiguo di servizi erogati da molte prese non giustificerebbe gli investimenti iniziali.

L'analisi mostra che per avere un livello di servizio uguale al 100% sarebbe necessario installare 25 prese per la stazione numero 6; riducendo il numero di prese installate da 25 a 12 si verifica che a fronte del dimezzamento del numero di prese, vi sia una riduzione del livello di servizio di circa il 20%. Tali risultati sono raccolti nella tabella 4.

**Tabella 4: Livello di Servizio per la Stazione 6 ( $t_{attesa} = 0$ )**

Percentuale Utenti Serviti	Numero Utenti Serviti	Numero di Colonnine da Installare
<b>80,7%</b>	338	12
<b>75,4%</b>	316	10
<b>67,8%</b>	284	8
<b>62,5%</b>	262	7
<b>56,6%</b>	237	6
<b>50,1%</b>	210	5

Rilassando il vincolo di tempo di attesa nullo e studiando una situazione più ragionevole in cui ciascun utente che si appresti alla stazione di ricarica è disposto ad attendere al più 10 minuti prima di essere servito, è possibile riprogettare l'intera stazione in termini di numero di prese necessarie a soddisfare la domanda.



**Figura 4: Servizi di ricarica per presa in una settimana per la Stazione 6 ( $t_{attesa} = 10$  minuti)**

Questo scenario, puramente teorico in quanto prevede che la capacità della stazione sia infinita, mostra che per avere un livello di servizio del 100% è necessario installare 21 prese (Figura 4); come ci si aspettava, il numero è inferiore rispetto al caso in cui il tempo di attesa sia nullo.

Supponendo che la capacità della stazione sia finita, riducendo il numero di prese e mantenendo un elevato livello di servizio. Riducendone il numero di prese a 12 è possibile avere un livello di servizio del 94%,

risultando un giusto compromesso tra analisi tecnico economica e sul grado di soddisfazione della domanda. In Tabella 5 viene mostrato come il livello di servizio diminuisca al diminuire del numero di prese installate secondo una legge meno che lineare.

**Tabella 5: Livello di Servizio per la Stazione 6 (t\_attesa = 10 minuti)**

Percentuale Utenti Serviti	Numero Utenti Serviti	Numero di Colonnine da Installare
<b>94%</b>	394	12
<b>92%</b>	385	10
<b>88%</b>	369	8
<b>81%</b>	341	6

Dalle Figure 3 e 4, inoltre, si deduce che l'installazione di eventuali altre prese di ricarica porterebbero ad un rendimento marginale basso al punto tale da non giustificarne l'investimento.

L'analisi di fattibilità economica, partendo dai valori definiti nel paragrafo 3.4 mostra che l'installazione di una stazione con 12 prese porta un ricavo di circa 198000 € e delle spese totali di circa 145000 €.

**Tabella 6: valutazione economica della stazione 6**

Configurazione Stazione 6	Anno 1
Ricavi da ricarica	€ 198'706.56
<b>Totale Ricavi</b>	<b>€ 198'706.56</b>
Manutenzione ordinaria	€ 2'000.00
Gestione clienti, fatturazione, prenotazioni, oneri connessi	€ 3'000.00
Spese generali assicurative commercialista etc	€ 7'000.00
Utenza energia erogata	€ 87'152.00
<b>Totale Costi di produzione</b>	<b>€ 99'152.00</b>
<b>MOL</b>	<b>€ 99'554.56</b>
Ammortamento acquisto e installazione	€ 18'307.74
<b>Risultato Operativo (Ebit)</b>	<b>€ 81'246.82</b>
Oneri finanziari	€ 1'649.18
<b>Risultato ante imposte</b>	<b>€ 79'597.64</b>
IRAP/IRPEF/IRES	€ 26'532.55
<b>Risultato netto</b>	<b>€ 53'065.09</b>

## 5 Conclusioni e sviluppi futuri

Lo studio condotto nella presente annualità ha l'obiettivo di sviluppare uno strumento di supporto alla decisione per la progettazione di una rete di infrastruttura di ricarica sostenibile nell'ipotesi che il mercato sia esercito con regime di oligopolio e che ogni operatore di offerta possa esibire un proprio modello di business. Questo è un upgrade rispetto a quanto presentato nella scorsa annualità dove l'unico modello di mercato utilizzabile era quello di monopolio. In cui un solo operatore di offerta eserciva tutte le stazioni con il medesimo costo del servizio di ricarica.

L'attività ha riguardato l'analisi e lo sviluppo di numerosi modelli di business, il più significativo dei quali è stato utilizzato nelle analisi di scenario. I risultati dell'applicazione di tale modello mettono in luce come nel processo decisionale di ogni utente non sia più preponderante solo la distanza dalla stazione di ricarica ma anche la convenienza economica del servizio erogato dalla stessa.

I possibili sviluppi futuri sono rappresentati dall'introduzione di ulteriori modelli di business e dall'introduzione nel mercato di un operatore pubblico. Tale soggetto potrebbe avere un impatto notevole sul mercato agendo sulla sostenibilità degli dello sviluppo dell'infrastruttura di ricarica a livello nazionale.

## 6 Riferimenti bibliografici

- [1] U. N.- COP16, “United Nations Framework Convention on Climate Change,” pp. 1–9, 2010.
- [2] European Environment Agency, *Towards a resource-efficient transport system: TERM 2009 indicators tracking transport and environment in the European Union*, no. No 2/2010. 2010.
- [3] D. Sperling and D. Gordon, “Two Billion Cars: Driving Toward Sustainability,” *Oxford Univ.*, 2009.
- [4] P. E. Wells, *The Automotive Industry in an Era of Eco-Austerity creating an Industry as if the Planet Mattered*. 2010.
- [5] Energy & Strategy Group, “E-mobility Report,” 2018.
- [6] M. R. Sarker, H. Pandzic, and M. A. Ortega-Vazquez, “Electric Vehicle Battery Swapping Station: Business Case and Optimization Model,” *2013 Int. Conf. Connect. Veh. Expo*, pp. 289–294, 2013.
- [7] D. Matzen and M. M. Andreasen, “Opportunity Parameters in the Development Product/Service-Systems,” *Int. Des. Conf. - Des. 2006*, pp. 929–936, 2006.
- [8] B. Williams and L. Spiegel, “FINAL PROJECT REPORT STRATEGIES FOR TRANSPORTATION ELECTRIC FUEL IMPLEMENTATION IN CALIFORNIA : OVERCOMING BATTERY FIRST-COST.”
- [9] F. Kley, C. Lerch, and D. Dallinger, “New business models for electric cars-A holistic approach,” *Energy Policy*, vol. 39, no. 6, pp. 3392–3403, 2011.
- [10] C. Madina, I. Zamora, and E. Zabala, “Methodology for assessing electric vehicle charging infrastructure business models,” *Energy Policy*, vol. 89, pp. 284–293, 2016.
- [11] T. Budde, P. Wells, and L. Cipcigan, “Can innovative business models overcome resistance to electric vehicles ? Better Place and battery electric cars in Denmark,” *Energy Policy*, vol. 48, pp. 498–505, 2012.
- [12] M. Carratù, “Il progetto del Gruppo Hera per la mobilità elettrica,” 2013.
- [13] REPOWER, “La mobilità sostenibile e i veicoli elettrici,” 2018.
- [14] A. Schroeder and T. Traber, “The economics of fast charging infrastructure for electric vehicles,” *Energy Policy*, vol. 43, pp. 136–144, 2012.