



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA**

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE DII

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ENERGETICA

**FATTIBILITÀ TECNOLOGICA PER IL CONTROLLO DINAMICO DEI
CARICHI IN AMBIENTE MONOFASE, DURANTE LA RICARICA DI
VEICOLI ELETTRICI**

Relatore: Prof. Arturo Lorenzoni

Correlatore: Ing. Luca Secco

Laureando: Gabriele Corzato

N° matricola: 1110986

ANNO ACCADEMICO: 2016/2017

Indice

<i>Introduzione</i>	1
1- Vetture elettriche	3
1.1 INTRODUZIONE ALL'AUTO ELETTRICA	3
1.2 DISTINZIONE AUTOVEICOLI	6
1.2.1 STRUTTURA DELL'EV E DELLA PHEV	8
1.3 BATTERIE PER I VEICOLI ELETTRICI	9
1.4 MODALITA' DI RICARICA DELLE BATTERIE	14
1.4.1 BATTERY SWAPPING.....	14
1.4.2 MODO CONDUTTIVO	15
1.4.2.1 RICARICA CONDUTTIVA IN AC.....	16
1.4.2.2 RICARICA CONDUTTIVA IN DC.....	16
1.4.3 MODO INDUTTIVO	16
1.4.3.1 RICARICA INDUTTIVA STAZIONARIA.....	17
1.4.3.2 RICARICA INDUTTIVA DINAMICA	17
1.5 MODALITA' DI RICARICA DELLE BATTERIE	18
2- Perché auto elettriche	21
2.1 PERCHE' L'AUTO ELETTRICA	21
2.1.1 VANTAGGI E SVANTAGGI.....	22
2.1.2 SICUREZZA.....	23
2.1.3 IMPATTI AMBIENTALI.....	24
2.2 PANORAMA MONDIALE ED ITALIANO DELL'EV	25
2.2.1 MONDIALE	25
2.2.2 EUROPEO	28
2.2.3 ITALIANO.....	31
2.2.4 INCENTIVAZIONE STRUTTURE DI RICARICA IN ITALIA	34
2.3 PARAGONE DI COSTI TRA EV E ICE	36
2.3.1 DIFFERENZA DI COSTI BEV E MCI	37
2.3.2 IL COSTO DI UNA RICARICA PER EV	38
3- DriWe e colonnine di ricarica	41
3.1 INTRODUZIONE DI DRIWE	41
3.2 DOVE UTILIZZARE LE DRIWE CHARGE POINT	43
3.3 DESCRIZIONE COLONNINE DI RICARICA DRIWE	45
3.3.1 DRIWE MINICOMPACT	45
3.3.2 DRIWE WALLBOX.....	46
3.3.3 DRIWE CHARGER	46
3.4 TIPOLOGIE E MODI DI RICARICA	48

3.4.1 MODE 1.....	48
3.4.2 MODE 2.....	50
3.4.3 MODE 3.....	51
3.4.4 MODE 4.....	52
3.4.5 TIPOLOGIE DI CONNESSIONE PER EV	54
3.5 TEMPI DI RICARICA.....	55
3.6 MODALITA' DI PAGAMENTO DELLE RICARICHE EFFETTUATE	56
3.6.1 COME FUNZIONA UNA RICARICA.....	57
3.6.2 TIPOLOGIE DI STAZIONE E METODI DI PAGAMENTO.....	58
3.7 COSTO COLONNINE.....	59
4- Controllo dinamico dei carichi.....	63
4.1 RICERCA DOMOTICA	64
4.2 DISPOSITIVO VOLTAWARE ENERGY MONITOR.....	67
4.3 IMPLEMENTAZIONE CALCOLO.....	69
4.4 STRUTTURA PROGRAMMA	71
4.4.1 PRIMA PARTE	73
4.4.2 SECONDA PARTE	74
4.4.3 TERZA PARTE	75
4.5 MODELLI OTTENUTI	76
4.5.1 RENAULT TWIZY	77
4.5.2 FIAT 500 OMOLOGATA DA DRIWE	79
4.5.3 NISSAN LEAF	80
4.6 PROBLEMI DI COMUNICAZIONE.....	86
5- IMPLEMENTAZIONE FUTURA.....	89
5.1 OPEN METER 2G.....	89
5.2 PLC (POWER LINE CARRIER)	92
5.3 SVOLGIMENTO OPERATIVO.....	94
<i>Conclusion</i>	97
<i>Appendice A</i>	99
<i>Appendice B</i>	103
<i>Glossario</i>	105
<i>Bibliografia</i>	107

Introduzione

Negli ultimi anni si è assistito ad una costante evoluzione del sistema economico, politico e sociale che, se da un lato ha portato diversi benefici per l'uomo, dall'altro ha trascurato le gravi conseguenze, soprattutto ambientali, dovute a questo inarrestabile cambiamento. Il nostro ecosistema si scontra ogni giorno contro il surriscaldamento globale, l'inquinamento, e lo sfruttamento delle risorse primarie. Tali problematiche coinvolgono l'intero pianeta e necessitano di repentine soluzioni al fine di evitare un irrimediabile disastro ecologico.

In questo momento quello che maggiormente ci preoccupa è l'effetto dei fattori inquinanti nell'ambiente (vedi i terremoti, le piogge acide, il buco nell'ozono, l'effetto serra), ma se volgiamo uno sguardo al futuro non si può trascurare l'emergere di un'altra preoccupante minaccia: la crescita demografica. Questa, secondo gli scienziati, avrà effetti sull'organizzazione degli spazi abitabili (verranno distrutti milioni di ettari di terreni agricoli e naturali e incendiati dolosamente migliaia di boschi per realizzare nuove abitazioni); inoltre, l'aumento della popolazione porterà, a lungo andare, un ulteriore sfruttamento eccessivo delle risorse del sottosuolo, la produzione di enormi quantità di rifiuti sempre più difficili da smaltire e il sovraffollamento delle città.

Dunque, c'è bisogno, sia di un concreto e tempestivo intervento da parte di tutti gli Stati al fine di attuare politiche a favore di uno sviluppo sostenibile a livello economico ed ecologico, sia dell'impegno di ogni singolo individuo nel praticare uno stile di vita più consapevole, iniziando fin da subito con piccoli gesti quotidiani.

Il mio comincia proprio con l'elaborazione di questa tesi che ha come obiettivo primario quello di far conoscere il mondo dell'*e-mobility* e in particolar modo di rendere attuabile un progetto innovativo pensato dall'azienda DriWe.

Per fare ciò ho incentrato il mio lavoro nel trovare una possibile fattibilità tecnologica per il controllo dei carichi in modo dinamico durante la sessione di ricarica di un veicolo elettrico.

Nel primo capitolo verrà presentata l'auto elettrica in generale, dalla sua creazione al proprio sviluppo. Sarà messa a confronto la struttura dell'EV e con quella delle PHEV e verranno analizzate brevemente le varie modalità di ricarica del veicolo elettrico, descrivendo in particolare le

caratteristiche delle consuete batterie che compongono l'EV ed evidenziando le barriere e le problematiche che ne rallentano la diffusione.

Il secondo capitolo intitolato “perché auto elettriche” esporrà i vantaggi e gli svantaggi dell'EV rispetto alle tradizionali auto con motore a combustione. Si avrà oltre a ciò, una panoramica mondiale, europea ed italiana del tasso di diffusione delle vetture elettriche e dei vari piani nazionali attuati per l'installazione capillare dei punti di ricarica.

Giunti al terzo capitolo, presenterò più in dettaglio l'azienda DriWe e i diversi dispositivi di ricarica (cosiddetti *charge point*) che mi sono stati messi a disposizione per implementare il lavoro di tesi sul *load dynamic balancing*.

Il quarto capitolo verrà dedicato all'esposizione del lavoro principale fatto in questi mesi, presentando e descrivendo una parte di programma impiegato per la regolazione dinamica dei carichi ed esplicherò i risultati ottenuti.

Infine, nel quinto e ultimo capitolo, descriverò brevemente la recente soluzione pensata con DriWe per la regolazione dei carichi in ambiente monofase, mediante l'uso del nuovo Open meter 2G di e-distribuzione e del canale di comunicazione *Chain 2*.

1- Vetture elettriche

1.1 INTRODUZIONE ALL'AUTO ELETTRICA

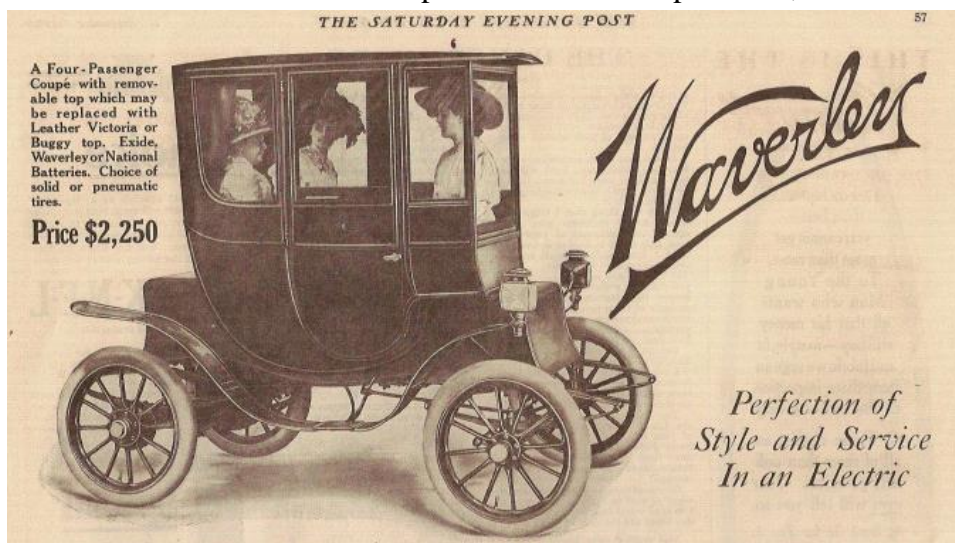
L'auto elettrica o i cosiddetti *electric vehicles* sono caratterizzati da un'evoluzione continua fin dalla loro prima origine, tramite cambiamenti strutturali, tecnologici, qualitativi ed ambientali che si sono susseguiti nel corso degli anni.

Il primo prototipo di autovettura elettrica venne brevettato nel 1832 dall'americano Thomas Davenport ma solamente qualche anno più tardi lo scozzese Robert Anderson costruì l'originario esemplare di auto elettrica. Tale autovettura era dotata di un accumulatore non ricaricabile e quindi a singolo uso.

“Le batterie ricaricabili, viste come mezzo fondamentale per immagazzinare elettricità a bordo di un veicolo, non sono nate fino al 1859, con l'invenzione della batteria al piombo da parte del fisico francese Gaston Planté”[1]; ciò permise un diverso approccio e una diversa modalità di pensare all'evoluzione e all'uso possibile del veicolo elettrico.

Tra la fine del 1800 e gli inizi del 1900 iniziarono a circolare nelle grandi città come Londra e New York diversi taxi elettrici; la scelta di utilizzare questi veicoli, definiti di prima generazione, nacque probabilmente dall'esigenza di evitare ulteriori emissioni di gas inquinanti già presenti nell'aria a causa dell'evoluzione industriale in atto in quel periodo.

Questi prototipi di macchine erano già allora preferiti rispetto a quelli a combustione per diversi motivi: erano molto silenziosi e privi di vibrazioni spiacevoli, non emettevano sgradevoli odori, non



inquinavano, non erano nemmeno dotati del cambio marce e della manovella di accensione. Per tali caratteristiche, le vetture, vennero spesso e volentieri associate ad un uso da parte del pubblico femminile.

Figura 1.1: esempio auto elettrica fine anni 800, fonte: la gazzetta della sera

Negli ultimi anni del 1800 le auto elettriche riuscirono a detenere vari record, tra cui il più famoso fu il superamento della barriera dei 100 km/h realizzata in Francia il 29 aprile 1899 grazie al prototipo ideato da “Jamais Contente”.

Inoltre, sempre in quell’epoca, si ebbero buoni risultati anche sulle distanze di percorrenza con un'unica carica del pacco batterie.

Nonostante una breve fase di picco storico nella produzione dei veicoli elettrici, l’interesse per uno sviluppo di questi mezzi di trasporto non inquinanti venne ben presto accantonato a favore dei mezzi a combustione che all’epoca vennero preferiti grazie alla serie di migliorie apportate in termini di prestazioni dell’auto ma, soprattutto, alla scoperta di nuovi giacimenti petroliferi che permisero una riduzione del prezzo del petrolio. Tutto questo portò all’ accantonamento dell’ormai utopico sogno dell’auto elettrica caratterizzata a quei tempi da un elevato costo e dalle ridotte performance. Esse avevano, infatti, un’autonomia delle batterie che si aggirava intorno alla sessantina di chilometri ed una velocità massima che non doveva superare i 35-40 km/h. Analogamente le ridotte quantità di veicoli elettrici circolanti per le strade erano seguite di pari passo da un ridotto numero dei punti di ricarica, praticamente inesistenti allora.

A metà del ‘900 alcune aziende proseguirono la loro campagna rivolta alla rinascita del mercato dell’auto elettrica (qui definita di seconda generazione) per via delle forti oscillazioni del petrolio di quegli anni.

La speranza che questo mercato riprendesse quota non avvenne a causa dello scarso interesse popolare e ancora una volta per colpa delle ridotte performance di questi mezzi.

In quel periodo la commercializzazione di veicoli elettrici interessò soltanto una stretta cerchia di mezzi, come per esempio i muletti per autofficine, le golf car e i locomotori di manovra, il cui utilizzo non necessitava di particolari livelli di autonomia, velocità o prestazioni; semplicemente si poneva l’attenzione nell’assenza di gas di scarico ed inquinanti.

Dall’inizio del ventunesimo secolo si può parlare di terza generazione degli EV, in quanto il mercato dell’*e-mobility* punta verso un radicale e sostanziale cambiamento di mentalità da parte della comunità, grazie anche al sostegno del settore pubblico disposto ad intraprendere una collaborazione con le case automobilistiche e le società di distribuzione elettrica. Sicuramente uno degli obiettivi fondamentali di questa nuova visione futura è il contenimento delle emissioni di CO₂ che sono causa dell’innalzamento della temperatura globale.

L’evoluzione tecnologica sta portando ad un miglioramento dell’efficienza energetica e questo mondo in piena evoluzione, nonostante sia ancora dominato dal petrolio e dai combustibili fossili, sta cominciando a cambiare rotta.

“I consumatori non passeranno automaticamente ai veicoli elettrici se l’andamento dei costi si manterrà alto, se la rete di stazioni di ricarica non sarà pronta, o se le nuove tecnologie non saranno facilmente utilizzabili”. [2]

Dunque, un primo passo per il successo dei BEV è stato fatto da molte case automobilistiche che hanno iniziato a prendere seri provvedimenti nel cambiamento societario, evolutivo ma anche ambientale. Infatti, molte di queste (Volvo, Renault, Toyota) hanno espresso la volontà di non produrre più auto a combustione entro il 2020, ma solo di generare auto totalmente elettriche EV o auto ibride PHEV.

Come accennato in precedenza altro tassello fondamentale per l’evoluzione di una società fondata sull’*e-mobility* sarà dato dal sostegno dei governi, che, dopo l’accordo di Parigi sui cambiamenti climatici, dovranno impegnarsi ad adottare soluzioni eco-sostenibili per risolvere le problematiche ambientali.

Per ultimo, ma non meno importante, sarà necessario il cambio di mentalità del consumatore e la risposta che esso darà a tutta la serie di cambiamenti a cui sarà sottoposto.

Molti sono gli uomini influenti che vogliono lasciare un mondo migliore e ‘pulito’ alle generazioni future, basti pensare alle parole del premio oscar Leonardo Di Caprio: “Il cambiamento climatico è reale e sta avvenendo in questo momento. È la minaccia più urgente che riguarda tutta la nostra specie e abbiamo bisogno di lavorare collettivamente e smettere di rimandare le decisioni. Dobbiamo sostenere i leader di tutto il mondo che non parlano per i grandi inquinatori o per le grandi aziende, ma che parlano per tutta l’umanità” [3] o al Ministro dell’ambiente francese Nicolas Hulot, il quale ha dichiarato che “entro il 2040 verrà bloccata la vendita di auto a benzina e a gasolio. In circolazione verranno messi soltanto veicoli elettrici. L’obiettivo è il livello zero delle emissioni di CO2 entro il 2050.” [4]

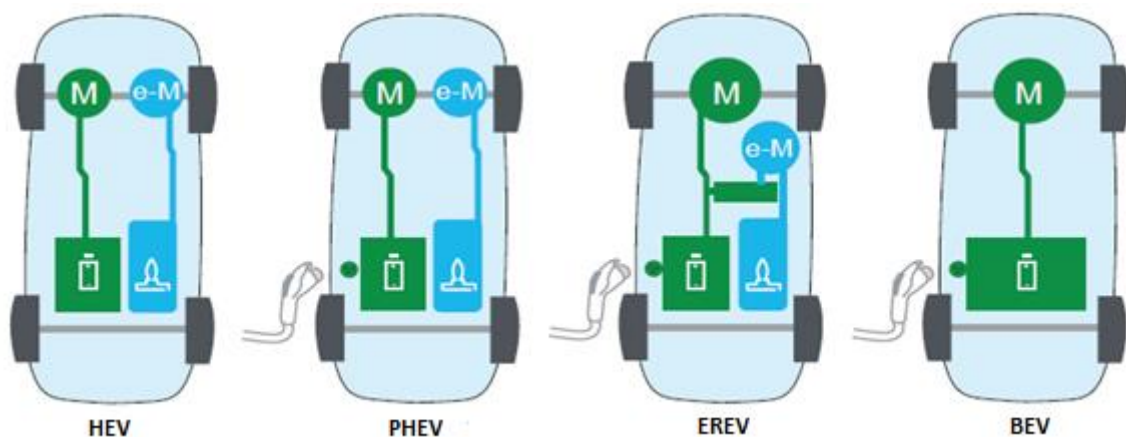
1.2 DISTINZIONE AUTOVEICOLI

Vogliamo ora fare chiarezza sui tipi di autoveicoli elettrici ed ibridi che caratterizzano le nostre strade:

- **Hybrid electric vehicle (HEV):** sono i veicoli ibridi convenzionali per eccellenza. Essi combinano un sistema di propulsione elettrica (motore e generatore elettrico) che funge da motore secondario abbinato ad un motore a combustione interna che svolge il ruolo di motore primario. Il pacco batterie non fornisce elevate prestazioni, infatti la sua capacità è ridotta. Il motore elettrico è progettato per sostenere ed integrare quello a combustione interna e permette di ridurre i consumi di carburante e di emissioni di CO₂. La ricarica degli HEV non avviene con collegamento fisico tra autovettura e colonnina di ricarica o tramite presa elettrica, ma il pacco batterie si ricarica grazie alla frenata o rallentamento del veicolo stesso, utilizzando un sistema di freni rigenerativi che hanno il compito di convertire l'energia cinetica del veicolo in energia elettrica. Il sistema di veicoli ibridi si può suddividere in due classi a seconda che si abbia una struttura in serie o in parallelo. “Nell'ibrido in serie l'energia fornita dalla combustione del carburante è convertita in energia meccanica nel motore a combustione interna, viene successivamente trasformata in energia elettrica per mezzo del generatore elettrico. Con l'ausilio dell'elettronica di potenza l'energia elettrica fornita dal generatore viene immagazzinata in energia chimica nelle batterie e successivamente riconvertita in elettrica per poter alimentare il motore elettrico dimensionato in modo tale da fornire tutta l'energia meccanica per la trazione del veicolo”. [5] L'ibrido parallelo invece è un'autovettura dove il motore a combustione interna e quello elettrico azionano le ruote utilizzando un solo motore, o entrambi, in base alle varie fasi di funzionamento del veicolo stesso e quindi a seconda della potenza richiesta dell'autovettura per il suo movimento;
- **Plug-in hybrid electric vehicle (PHEV):** autovetture con funzionamento simile alle precedenti ma aventi la possibilità di ricaricare il pacco batterie tramite una presa elettrica collegata alla rete elettrica o ad un *charge point* che fornisce la potenza necessaria per la ricarica;
- **Extended-range electric vehicles (EREV):** sono veicoli elettrici ad autonomia estesa. Caratterizzati da batterie che possono essere ricaricate tramite una presa di corrente elettrica, come succedeva per le PHEV, ma sono anche dotate di un estensore di gamma, ossia incorporano un sistema ausiliario solitamente un motore/generatore che può funzionare a

benzina, diesel o che può essere alimentato anche tramite l'uso di combustibili alternativi (esempio: idrogeno). In questo modo, nel caso in cui l'energia fornita dagli accumulatori non bastasse per far muovere il veicolo, il *range extended* interviene fornendo e producendo corrente elettrica che permette la ricarica del pacco batterie;

- **Battery electric vehicles (BEV):** detti anche veicoli elettrici puri (FEV), o più semplicemente *electric vehicles* (EV). In queste vetture il pacco batterie deve avere una capacità elevata di prestazioni ed autonomia per consentire una buona durata in termini di chilometraggio. L'accumulatore viene ricaricato collegandosi con una presa alla rete elettrica o con appositi connettori alle varie colonnine di ricarica o tramite il sistema di frenata rigenerativo posseduto dal veicolo. I BEV quindi, non sono dotati di fonti di energia ausiliarie a bordo che producono inquinanti. Sono automobili ad emissioni zero.



*Figura 1.2: differenze strutturali vetture elettriche;
fonte: the electric vehicle: plugging in to smarter energy
management*

1.2.1 STRUTTURA DELL'EV E DELLA PHEV

La struttura delle auto elettriche ed ibride è molto simile e rispecchia in parte quella delle normali auto a combustione interna ICE. La principale componentistica è caratterizzata da:

- Motore elettrico: è l'elemento che converte l'energia elettrica proveniente dal pacco batterie in energia meccanica permettendo in questo modo il movimento della macchina. Tali motori sono molto efficienti dal punto di vista delle prestazioni avendo un rendimento di conversione molto elevato ed una coppia motrice massima e costante già a basso numero di giri. Inoltre, il motore elettrico può essere montato sullo stesso asse dell'albero del MCI oppure in un asse separato;
- Generatore elettrico: è in grado di produrre energia elettrica partendo da altre forme di energia; in questo caso dall'energia meccanica prodotta grazie al sistema di frenata intelligente del veicolo o derivante dal MCI;
- Batterie: sono il vero e proprio serbatoio per l'EV, assimilabili ad una sorgente di energia elettrica. Hanno la funzione principale di fornire l'energia per consentire lo spostamento del mezzo. Possono essere ricaricate con la corrente elettrica acquisita dalla rete grazie ad un apposito connettore di ricarica o, in modo induttivo, tramite un'applicazione wireless o ancora per mezzo di motori endotermici o un sistema di frenata rigenerativi;
- Sistema elettronico: costituito da una serie di convertitori e regolatori di potenza. I più importanti sono i tristori, che regolano la coppia motrice-velocità del motore elettrico, gli inverter, strumenti in grado di convertire la corrente continua erogata dalle batterie in alternata ed i chopper, che sono invece dei convertitori DC-DC;

Ovviamente per le auto ibride vi è la presenza di altre componentistiche, prime fra tutte il motore a combustione interna e tutta la serie di gomiti, cuscinetti, cilindri, pistoni, filtri, cinghie di distribuzione, candele, serbatoi, e via scorrendo che si possono trovare all'interno di un'auto tradizionale. Le PHEV sono dotate di particolari elementi, quali il "cambio ECVT (*Electronic Continuous Variable Transmission*), la trasmissione a variazione continua elettronica che vengono utilizzati anche nelle ibride della Toyota e della Lexus. Un dispositivo simile ad un differenziale sostituisce il cambio permettendo di variare con continuità il rapporto di trasmissione tra il motore termico e le ruote, come se sull'auto fosse presente un cambio a variazione continua". [6]

Inoltre, sono presenti freni rigenerativi che, durante la decelerata e il rallentamento dell'auto, permettono di recuperare energia e di ricaricare più elementi, quali la batteria, le frizioni, la centralina. Esiste anche un “sistema meccanico di trasmissione, il quale, secondo una struttura di alberi rotanti ed ingranaggi dimensionati per determinati rapporti di riduzione, trasferisce la coppia motrice erogata e controllata all’asse del motore, sulle ruote motrici, permettendo il movimento del veicolo”. [7]

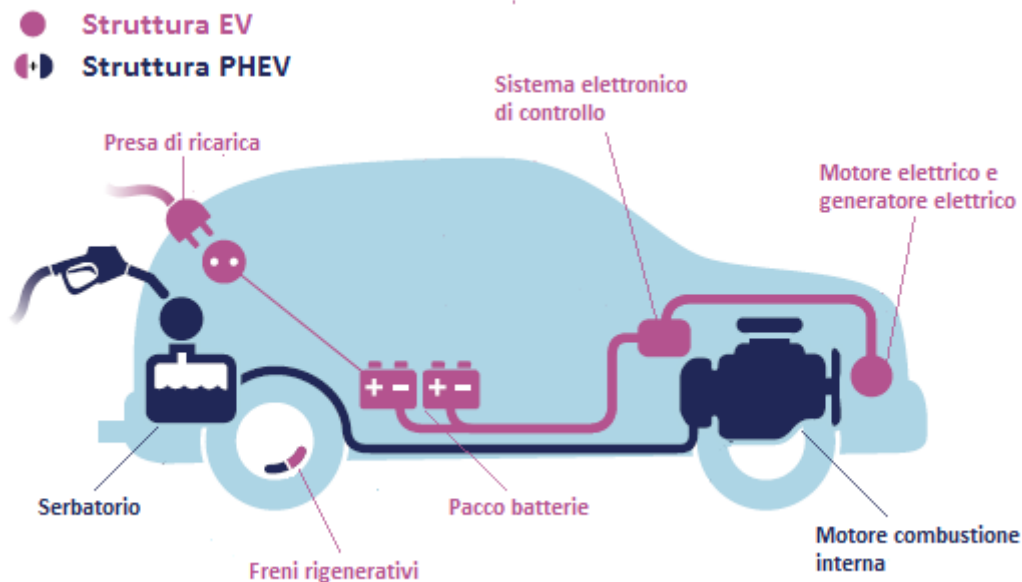


Figura 1.3: struttura EV e PHEV;
 fonte: elaborazione european environment agency

1.3 BATTERIE PER I VEICOLI ELETTRICI

Lo sviluppo e la costruzione delle prime batterie per le auto elettriche iniziò a metà del 1800 con il sorgere degli accumulatori al piombo (Pb) che ancora oggi ricoprono una sostanziale fetta del mercato automobilistico perché sono i più tecnologicamente ed economicamente maturi della gamma. Presentano però alcune problematiche relative alla ridotta capacità, alla scarsa energia e potenza specifica e alle variabili prestazioni durante le diverse condizioni di lavoro. Il mercato delle batterie si è poi evoluto agli inizi del 1900 con la comparsa delle batterie al nichel-cadmio (Ni-Cd) le quali presentavano rendimenti e performance migliori rispetto a quelle utilizzare fino ad allora ma vennero successivamente scartate a causa dell'eccessiva tossicità del componente cadmio. Le continue ricerche e l'interessamento per tali accumulatori permise l'entrata, nel mondo dell'*automotive*, delle batterie in nichel-metallo idruro (Ni-Mh) caratterizzate da una migliore resa di energia e numero cicli

di vita rispetto alle sorelle nichel-cadmio ma svantaggiate rispetto ad esse per l'elevata corrente operativa richiesta durante la fase di carica e per il loro ingombro.

La Sony, alla fine del '900, introdusse nel mercato una nuova tecnologia in grado di sopprimere l'elevato costo delle batterie Ni-Mh: la batteria agli ioni di litio (Li-ion). Ad oggi, queste batterie, installate in molteplici dispositivi elettronici quali i computer e i telefonini, vengono adoperate anche nel settore dei BEV poichè presentano una elevata capacità, una buona densità di energia, un'alta potenza specifica e una disponibilità di riserve di litio molto elevata. I paesi con il maggior quantitativo di questo materiale primario sono Cile, Bolivia, Argentina e Cina. Non si tratta di una risorsa in via di esaurimento ma secondo alcune stime riguardanti la futura penetrazione dei veicoli elettrici nelle strade italiane e mondiali si stima che i giacimenti di litio potrebbero bastare fino a circa il 2050.

Il costo delle batterie al litio per i comuni veicoli elettrici è diminuito nel corso degli anni grazie ad una costante innovazione, all'assidua ricerca e all'aumento di produzione di questi sistemi introdotto dalle grandi aziende produttrici. Si è passato da un costo di circa 1000 \$/kWh del 2008, ai 485 \$/kWh del 2012, fino ad arrivare ai giorni nostri, dove le batterie per EV costano circa 300-400 \$/kWh ma, secondo alcune stime, si pensa che nel 2020 esse possano raggiungere un costo di 200\$/kWh grazie allo sviluppo di economie di scala che ne incentivano la diffusione nel mercato.

A fronte di ciò, ingenti somme di denaro iniziano a ruotare intorno alle aziende in grado di riciclare al 100% il litio; questo permetterà di dare alle batterie una nuova vita detta anche "seconda vita".

Dopo cinque/sette anni di impiego si noterà un calo delle prestazioni dovute ad una minore capacità dell'accumulatore a causa di una repentina usura e ai continui cicli di carica e scarica. Il consumatore, visti i progressivi avanzamenti della tecnologia, potrà decidere quindi, di sostituire le batterie usurate e di riciclare utilizzandole come accumulatori o storage per la propria abitazione affiancandole a fonti di energia rinnovabili. Ciò non toglie che le prestazioni rimangano comunque adeguate e al di sopra del 70% anche dopo il decimo anno di funzionamento.

La distinzione fondamentale del pacco batterie avviene quando si parla di batterie per PHEV o batterie per EV: le prime sono caratterizzate da batterie con autonomie limitate, con prestazioni che puntano più sulla potenza che sull'energia erogata. A seconda del modello di vettura, l'autonomia può andare da qualche chilometro a svariate decine, offrendo repentine variazioni di carico dovute all'alternarsi del motore elettrico con quello endotermico durante la fase di marcia del veicolo comportando una successione della fase di carica e scarica. Per questo motivo la batteria delle auto ibride tendenzialmente non viene mai scarica del tutto e nemmeno caricata a pieno regime.

Le seconde sono batterie più grosse e presentano dimensioni e ingombri maggiori rispetto alle prime. Il serbatoio degli EV è costituito unicamente da esse, quindi a maggior ragione devono presentare delle caratteristiche e prestazioni adatte anche a viaggi su lunga distanza. A seconda della percorrenza, il profilo di carica risulta ampiamente utilizzato in tutto il suo regime, portando la carica dal 100% al 5-20%. “Una volta le batterie dovevano essere scaricate totalmente prima di poterle mettere in ricarica, questo per evitare l'effetto memoria al quale erano soggette e di conseguenza compromettere le performance della batteria stessa. Oggi con la nuova tecnologia vale esattamente il contrario: le batterie durano di più se vengono scaricate e ricaricate poco e spesso”. [8]

Tali batterie a trazione devono essere caratterizzate da una elevata capacità, una cospicua densità di energia e di energia specifica e da un ciclo di vita di diversi anni. Inoltre, le prestazioni devono essere sempre efficienti anche in un ampio range di temperature, resistere alle continue e ripetitive sollecitazioni meccaniche, possedere elevata affidabilità, essere di facile manutenzione e il loro costo a kWh non deve essere troppo eccessivo.

Per raggiungere l'ultimo obiettivo appena elencato, che costituisce ad oggi uno scoglio importante per quanto riguarda lo sviluppo urbano delle auto elettriche, si devono istituire le cosiddette “economie di scala” in modo da migliorare l'aumento, l'economicità, la velocità di produzione delle batterie e creare un maggior livello di penetrazione degli EV nel mercato automobilistico. Abbassando il TCO (*total cost ownership*) si andranno anche a ridurre le perplessità delle persone comuni in merito all'acquisto di una vettura dal costo così elevato.

Si punterà, inoltre, ad un notevole miglioramento delle performance delle batterie, investendo elevatissime somme di denaro per la ricerca, in modo da diminuire la cosiddetta “*range anxiety*” dovuta alla scarsa autonomia chilometrica delle BEV.

Le batterie di un EV vengono solitamente disposte sul pianale dell'auto ricavando alcuni vantaggi come ad esempio minor ingombro nel veicolo (si ottiene più spazio libero senza usufruire troppo del portabagagli come avveniva per le prime auto elettriche in commercio o in altre zone della vettura), ed una maggior stabilità del veicolo in quanto il baricentro viene spostato verso il basso, con minor rischio di ribaltamento dell'auto.

Le batterie presentano interessanti prestazioni e caratteristiche di comportamento che ci permettono di paragonare i vari accumulatori tra di loro:

Caratteristiche	Unità di misura	Descrizione
<i>Capacità</i>	A·h	quantità di carica elettrica che può essere estratta durante la scarica a una determinata temperatura di riferimento
<i>Potenza</i>	W	è la potenza erogabile dal dispositivo in determinate condizioni di tensione e corrente
<i>Energia</i>	W·h	è l'energia che l'accumulatore riesce a fornire durante la sua scarica partendo dalla condizione di piena carica ed arrivando alla completa scarica
<i>Potenza specifica</i>	W/Kg	rapporto tra la potenza in regime di scarica in condizioni di lavoro nominali ed il peso (potenza specifica) dell'accumulatore
<i>Densità di potenza</i>	W/l	rapporto tra la potenza in regime di scarica in condizioni di lavoro nominali ed il volume dell'accumulatore
<i>Energia specifica</i>	W·h/Kg	rappresenta il rapporto tra l'energia che il sistema fornisce durante la fase di scarica ed il peso proprio dell'accumulatore
<i>Densità di energia</i>	W·h/l	rappresenta il rapporto tra l'energia che il sistema fornisce durante la fase di scarica ed il volume proprio dell'accumulatore
<i>Stato di scarica (SOD)</i>	A·h	definito come la capacità erogata durante una parziale scarica del pacco batterie completamente carico
<i>Stato di carica(SOC)</i>	A·h	capacità residua dopo una parziale scarica del pacco batterie dalla condizione di completa carica
<i>Grado di scarica(DOD)</i>	%	è il rapporto fra lo stato di scarica e la capacità dell'accumulatore espressa in percentuale
<i>Grado di carica(DOC)</i>	%	è il rapporto fra lo stato di carica e la capacità dell'accumulatore espressa in percentuale
<i>Rendimento scarica/carica o efficienza energetica</i>	%	è il rapporto tra l'energia fornita durante la fase di carica del sistema e quella rilasciata durante la fase di scarica
<i>Tempo di vita</i>	N° di cicli	rappresenta il numero di cicli di scarica dell'accumulatore prima che le sue prestazioni degradano al di sotto di prestabiliti limiti operativi, solitamente dopo una riduzione della capacità dell'80%
Temperatura	°C	range di temperature in cui il sistema è in grado di funzionare
Corrente di scarica	A, data in C-rate	corrente di scarica che garantisce la capacità dichiarata dal costruttore

Tabella 1.1: caratteristiche batterie

Per ultimo inseriamo in tabella le principali caratteristiche dalle varie batterie da autotrazione utilizzate nel campo dell'*automotive*: Batterie al Piombo, nichel-metallo idruro, ioni di litio, litio polimero.

TRACTION BATTERIES	Pb	NiMH	Li-ion	Li-Po
<i>Specific energy (W·h/kg)</i>	30 ÷ 50	55 ÷ 65	100 ÷ 150	180
<i>Energy density (W·h/l)</i>	60 ÷ 100	110 ÷ 150	250 ÷ 350	400
<i>Specific power (W/kg)</i>	250 ÷ 350	200 ÷ 1200	500 ÷ 1800	600
<i>Internal resistance (mΩ)</i>	<100 (da 12V)	200 ÷ 300 (da 6V)	150 ÷ 250 (da 7.2V)	200 ÷ 300 (da 7.2V)
<i>Life cycles (80% of the original capacity)</i>	400 ÷ 500	800 ÷ 1500	500 ÷ 1200	300 ÷ 500
<i>Charging time (h)</i>	8 ÷ 16	2 ÷ 4	2 ÷ 4	2 ÷ 4
<i>Overloading tolerance</i>	High	Low	Very low	Low
<i>Cell nominal voltage (V)</i>	2	1.2	3.6	3.6
<i>Discharge current (A)</i>	0.2C	0.5C	1C	1C
<i>Operating temperature (°C)</i>	-20 ÷ 60	-20 ÷ 60	-20 ÷ 60	0 ÷ 60
<i>Self discharge (%/month)</i>	3 ÷ 20	30	5 ÷ 10	
<i>Cost (€/kW·h)</i>	100	300 ÷ 400	500 ÷ 800	400
<i>Marketing year</i>	1970	1990	1991	1999

Tabella 1.2: confronto e valori indicativi fra le varie batterie

1.4 MODALITA' DI RICARICA DELLE BATTERIE

Ad oggi esistono diverse modalità di ricarica che si dividono in 3 rami principali dal punto di vista della tecnologia, ognuno diverso dall'altro per forma, modo e tempistiche di ricarica. Tali rami sono il *Battery swapping*, la ricarica in modo conduttivo e quella in modo induttivo.



Figura 1.4: diverse modalità di ricarica

1.4.1 BATTERY SWAPPING

Il *battery swapping* non è una vera e propria modalità di ricarica ma viene comunque paragonato ad essa perché implica una sostituzione della batteria. Al posto di ricaricare la batteria dell'auto ormai scarica ed impiegare diverso tempo per rifornire di corrente l'EV, si può pensare ad una sostituzione della batteria tramite meccanismo robotizzato che consente l'estrazione della batteria scarica e l'inserimento nel veicolo di una carica.

Questo sistema consentirebbe al cliente una rapida e semplice sostituzione della batteria abbattendo in questo modo i costi sostenuti degli accumulatori. Si vorrebbe creare una sorta di “noleggio delle batterie” richiedendone il pagamento solamente per la sostituzione e l'uso, evitando così l'eccessivo

esborso iniziale per l'acquisto di tali. Si eviterebbe così la relativa gestione e la sostituzione di esse (circa ogni 10 anni). Ulteriore vantaggio di tale soluzione sarebbe come accennato prima, la velocità della sostituzione (il tempo medio è di circa pochi minuti, non paragonabile ovviamente ai lunghi tempi di ricarica delle auto). La ricarica di tali batterie potrebbe avvenire nel momento in cui il costo dell'energia elettrica risulta essere più vantaggioso nell'arco della giornata diminuendo così il costo delle singole ricariche.

Di contro però questo sistema richiede molti punti di sostituzione che rappresentano un investimento non del tutto trascurabile, stimabile all'incirca su mezzo milione/un milione di euro per una singola *battery swapping station*. Di conseguenza, per recuperare i costi iniziali di investimento si dovrebbero eseguire molteplici sostituzioni delle batterie.

Un'azienda ideatrice di tale progetto fu la *Better Place Company*, la quale però nel 2013 ha dichiarato fallimento.

Questa soluzione risulta ancora difficilmente realizzabile a causa del ridotto numero di EV in circolazione e per le diversità strutturali e tecnologiche delle batterie utilizzate dalle case automobilistiche che non permettono di avere un omogeneo sistema di operatività.

1.4.2 MODO CONDUTTIVO

La ricarica conduttiva o anche detta *conductive/wired charging*, è un collegamento fisico tramite cavo, spine e connettori tra due diverse parti, l'auto e una spina domestica (la quale secondo recenti indagini non risulta essere idonea alla ricarica di mezzi per diverse ore ad una corrente di 16 A causa frequenti surriscaldamenti), industriale o colonnina di ricarica. Come si può notare dalla figura precedente si possono avere due diverse modalità di ricarica conduttiva: con corrente alternata oppure con corrente continua che implica una diversa funzione ed utilizzo dei carica batterie. Oltre a ciò si può distinguere la ricarica in ambiente monofase o trifase che determina una differente velocità di ricarica a seconda della corrente immessa verso il dispositivo elettrico (auto, bici, scooter).

1.4.2.1 RICARICA CONDUTTIVA IN AC

Con questa tipologia si hanno due differenti modalità di ricarica di un mezzo elettrico.

Se si utilizza il connettore fornito insieme all'acquisto dell'EV, è sufficiente collegare le due estremità del cavo (che presentano due tipologie di prese elettriche) rispettivamente al veicolo e alla spina domestica o alla stazione di ricarica.

Nel caso invece si utilizzi una soluzione dove il cavo è perennemente connesso al charge point, e quindi in dotazione ad esso, si avrà un unico terminale libero di connessione che andrà inserito nell'EV. Si utilizza un caricabatterie esterno e quindi non di proprietà del soggetto intestatario del veicolo elettrico.

1.4.2.2 RICARICA CONDUTTIVA IN DC

Anche nel caso della ricarica conduttiva in DC si potrà alimentare la batteria grazie al cavo permanente, cablato direttamente con la colonnina di ricarica; si avrà quindi un unico terminale di connessione che permetterà il collegamento con il corpo del mezzo che vogliamo rifornire.

1.4.3 MODO INDUTTIVO

La ricarica in modo induttivo o anche detta induzione elettromagnetica o ricarica wireless è una ricarica che avviene senza la presenza di fili o connettori. La macchina è indipendente dalla stazione di ricarica e non c'è necessità di un sistema di cablaggio. Il conducente sarà svincolato da funzioni di ricarica dell'EV e non sarà più necessario adottare standard di interfaccia tra i vari sistemi di ricarica come avviene invece nei casi appena descritti. “La tecnologia si basa sulle leggi classiche dell'elettromagnetismo di Maxwell: una corrente elettrica che transita in un circuito conduttore genera un campo magnetico e se la corrente è di tipo alternato si produce una corrente elettrica indotta in un secondo circuito, anche se i due circuiti non sono collegati fra di loro”. [9] Ciò significa che la ricarica induttiva avviene tramite l'accoppiamento elettromagnetico di un circuito composto da due diverse bobine, una situata nel veicolo, solitamente posta nella parte sottostante vicina al manto stradale mentre l'altra può essere posizionata a contatto con la superficie stradale o trovarsi interrata. Si deve comunque avere una distanza relativamente modesta fra le due bobine così da minimizzare

la dispersione di energia verso l'ambiente e mantenere un elevato livello di efficienza pari a circa il 90% (10% di energia persa durante la ricarica).

Esistono molteplici vantaggi per questo modalità di ricarica:

- Facilità d'utilizzo: la persona viene esentata da qualsiasi compito;
- Trasferimento di energia tramite aria: Evita alle persone potenzialmente a rischio (bambini e anziani) il possibile contatto tra elementi in tensione o dove passa corrente elettrica;
- Protezione del sistema di bobine: Essendo posizionate all'interno del veicolo o sotto l'asfalto rendono più difficili gli atti vandalici o possibili furti;

L'azienda ideatrice di tale sistema di ricarica è la tedesca IAV (*Ingenieurgesellschaft Auto und Verkehr*) la quale ha idealizzato due diverse modalità di ricarica: sia per il veicolo fermo che in movimento.

1.4.3.1 RICARICA INDUTTIVA STAZIONARIA

La ricarica del veicolo avviene sostanzialmente quando è fermo. Può avvenire nel luogo della propria abitazione (problemi relativi al campo magnetico creato) oppure nei parcheggi pubblici, privati, del posto di lavoro o addirittura lungo la strada in prossimità di semafori o di zone ad elevato potenziale di fermata. La problematica più grande per questo tipo di ricarica è l'impatto e l'effetto causato dai campi magnetici prodotti.

1.4.3.2 RICARICA INDUTTIVA DINAMICA

La seconda via possibile ideata per la ricarica induttiva si basa sull'accoppiamento delle bobine durante la marcia del veicolo, permettendo quindi la ricarica delle batterie nel momento dello spostamento. Le bobine vengono installate nel sottosuolo delle strade urbane ed extraurbane. I problemi di attuazione sono dovuti principalmente agli elevatissimi costi di investimento infrastrutturale.

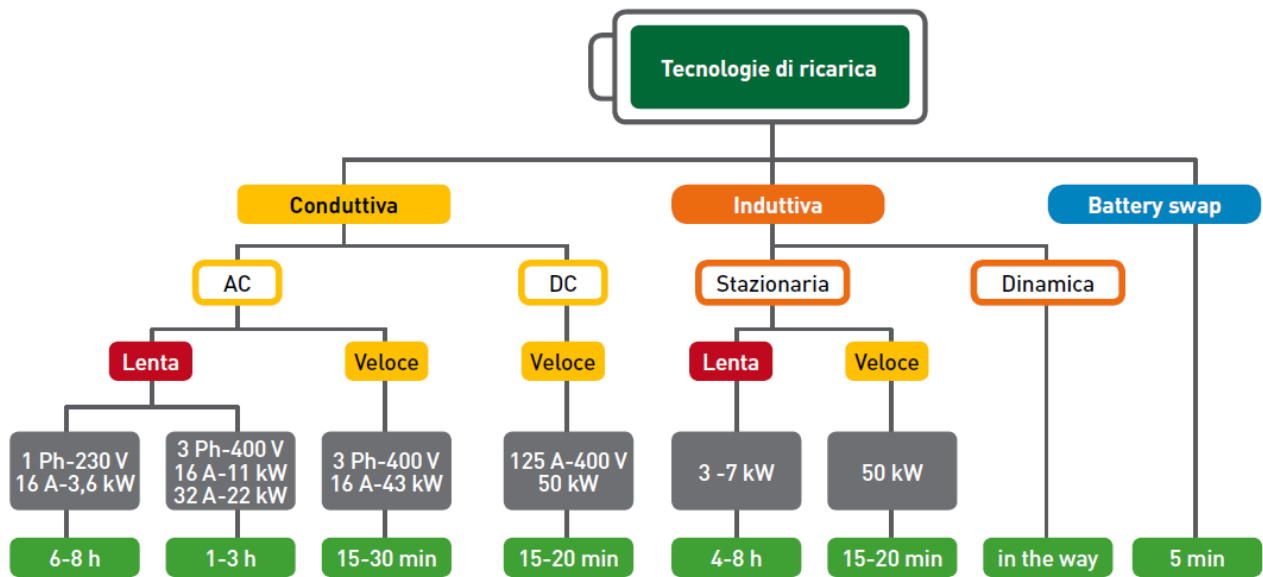


Figura 1.5: modalità e tempi di ricarica libro; fonte: e...muoviti! Mobilità elettrica a sistema

1.5 MODALITA' DI RICARICA DELLE BATTERIE

Le batterie come visto precedentemente nel paragrafo 1.3, sono strumenti dotati di una capacità di carica e scarica con conseguente usura del loro funzionamento. Si vuole dunque preservarne la durata migliorando il loro utilizzo e riducendone la sostituzione.

Bisogna prestare attenzione evitando di portare le batterie per trazione allo 0% della loro carica, infatti “la cosa importante da sapere è che una batteria per auto elettrica (e tutte le batterie moderne in genere) non dovrebbe mai essere scaricata al 100% perché più questo avviene, meno dura la batteria.” [10]

Se invece lasciassimo caricare le batterie, presso un *charge point*, per un tempo maggiore rispetto al necessario, non si correrebbe il rischio di rovinarle perché l’elettronica di controllo delle vetture elettriche consente una regolazione ottimale del pacco batterie, fermando la ricarica una volta raggiunta la completa ricarica.

Esistono oggi diverse tipologie di carica delle batterie a seconda che esse vengano caricate tramite caricabatterie a corrente costante, a tensione costante o a mantenimento, con differente sequenza temporale del profilo di carica.

- Carica a corrente costante: mantiene costante l'erogazione di una corrente di carica per l'intero periodo di accumulo della batteria, ha una tensione variabile a seconda del carico collegato. Tale metodo consente di limitare il picco iniziale di corrente nell'accumulatore;
- Carica a tensione costante: è un altro possibile metodo di carica che consiste nell'utilizzo di una tensione di carica costante per l'intero periodo di carica della batteria al variare del flusso di corrente. A batteria scarica, la corrente di carica richiesta dall'accumulatore potrebbe avere un valore di picco (dovuto alla differenza di tensione tra i capi della batteria e quella del caricabatterie) che si riduce man mano che la batteria si ricarica.

Per la ricarica dei veicoli elettrici solitamente si predilige tale metodo perché permette l'uso di elevati valori di corrente (come vedremo di seguito), e questo contribuisce ad ottenere un processo di ricarica più veloce nel tempo. Bisogna però evitare sbalzi di tensione che potrebbero causare un pericoloso surriscaldamento del pacco batterie e un loro conseguente danneggiamento;

- Carica di mantenimento (*float charge*): gli accumulatori tendono ad avere un fenomeno di autoscarica una volta raggiunta la loro completa carica; si utilizza allora questo metodo di mantenimento che consiste nella carica tramite una corrente pulsante di piccola ampiezza per compensare le perdite di capacità;

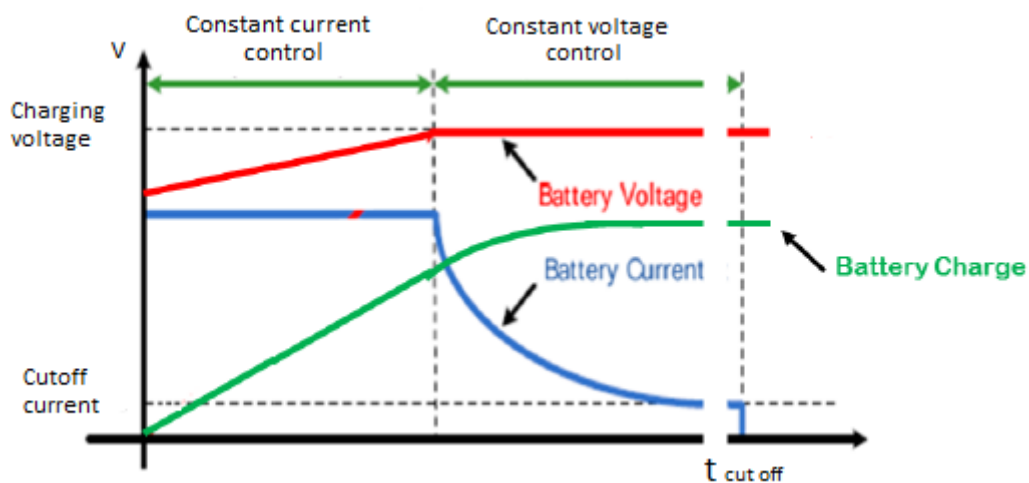


Figura 1.6: Profili di tensione e corrente durante la carica della batteria

Una batteria, come si può notare dal grafico sopra riportato, sarà sottoposta a due fasi: la prima a corrente costante in cui la tensione aumenta fino al raggiungimento del suo valore nominale, in seguito si avrà invece una fase a tensione costante e la corrente diminuirà fino ad azzerarsi. Tutto questo viene monitorato tramite un'elettronica di controllo, che gestisce i cambiamenti della ricarica e ne regola il relativo processo, permettendo un'elevata protezione ed una riduzione degli sprechi d'energia.

2- Perché auto elettriche

Risulta ormai chiaro che ad oggi la rivalità tra il mondo dell'elettrico e quello del petrolio esiste e rappresenta un sostanziale dibattito tra persone comuni, grandi opinionisti, società dell'*automobility* e politica in generale.

Dal mio punto di vista il mondo per crescere, migliorare e consentire una vita sostenibile alle generazioni future ha bisogno di una reale e concreta presa di coscienza sull'importanza dell'utilizzo di energie alternative che non producano inquinamento. Quest'azione deve radicarsi nella società, non solo civile ma anche politica, automobilistica ed industriale. Va tenuto in considerazione che 7 tra le 10 più grandi aziende al mondo sono petrolifere, e questo dovrebbe far riflettere ognuno di noi sulle scelte adottate fino ad ora. Dobbiamo lavorare insieme per rivoluzionare il sistema attuale delle cose e soprattutto sostenere le persone, le scelte politiche e le attività imprenditoriali che realmente vogliono il cambiamento tanto atteso, così da impedire alla cerchia di leader, che ancora oggi si impone nel mercato del petrolio, del carbone e del gas, di rallentare lo sviluppo di alternative rinnovabili.

2.1 PERCHE' L'AUTO ELETTRICA

Con la dotazione di mezzi di trasporto ecologici ci si proietta verso la visione di una nuova era, più indipendente dai combustibili fossili grazie ad un processo di decarbonizzazione e maggiormente improntata verso lo sviluppo di nuove forme di mobilità urbana e mobilità green. Lo scenario di un pianeta in cui circolano auto elettriche sta acquistando sempre più interesse ed importanza ed è destinato a diventare, per i prossimi decenni, il fondamentale promotore di mobilità sostenibile. In questo paragrafo voglio dare uno spazio di rilievo all'auto elettrica, confrontando i vantaggi e gli svantaggi che l'acquisto e l'utilizzo di questa può presentare e infine metterò in luce le possibili migliorie che possono essere adottate affinché ci sia un maggiore coinvolgimento da parte delle persone.

Sicuramente le decisioni politiche, dal livello comunale a quello internazionale, svolgono una funzione primaria per il sostegno e lo sviluppo delle fonti rinnovabili e di conseguenza, per l'incremento delle auto elettriche, ma, purtroppo, visto le basse percentuali di utilizzo delle fonti alternative, è evidente che il cambiamento di rotta da parte dei governi non è ancora abbastanza

decisivo ed efficace. I fenomeni climatici sono la prova inconfutabile che dobbiamo agire, nell'immediato, per garantire un futuro migliore sia per noi, ma soprattutto per i nostri figli e le successive generazioni

2.1.1 VANTAGGI E SVANTAGGI

I vantaggi per l'acquisto di un'auto elettrica sono molteplici, soprattutto nelle economie più sviluppate ed integrate nel progetto di decarbonizzazione e di green economy. La principale fonti di vantaggio sono gli incentivi fiscali previsti dal sistema politico, estesi sia a livello locale, sia a quello nazionale e internazionale. Si possono avere molteplici benefici:

- Incentivi economici: di natura politica, agevolano l'acquisto di EV grazie a sgravi per la rottamazione di auto inquinanti, a sconti su premi assicurativi, all'esenzione o riduzione delle tasse poste sui veicoli inquinanti, ai bonus da spendere per le bollette oppure con l'accesso gratuito ad alcuni punti di ricarica pubblici;
- Incentivi fiscali: comportano, a seconda della Provincia o della Regione, la riduzione o la possibile esenzione per alcuni anni dalla tassa di proprietà del veicolo o anche chiamata nel gergo "bollo", dall'esenzione dell'IVA o da detrazioni finanziarie per l'installazione di un punto di ricarica in edifici e abitazioni private;
- Altri fattori rilevanti: miglior efficienza energetica del motore elettrico rispetto a quello a combustione, assenza di inquinamento ambientale ed acustico, parcheggi gratuiti sulle aree di sosta a pagamento e possibilità di avere posteggi riservati e segnalati vicino alle colonnine di ricarica, possibilità di entrare in centri storici o ZTL con esenzione della tassa di circolazione (come ad esempio per l'area C di Milano), possibilità di utilizzare la vettura nei giorni di blocco del traffico, possibile riduzione dei pedaggi autostradali, prospettive di corsie preferenziali o riservate (come quelle dei taxi e autobus), miglioramento della propria immagine aziendale e aumento della valorizzazione in ambito industriale, strumentazione di bordo sofisticata per localizzare punti di ricarica e per un controllo dell'autonomia a seconda dello stile di guida messo in atto dal conducente;

A fronte di ciò, elenco di seguito alcuni possibili svantaggi dell'auto elettrica:

- Il prezzo d'acquisto risulta ancora elevato, con sostanziale differenza rispetto ai modelli omologhi a MCI;
- Le informazioni, limitate e frammentate, sull'auto elettrica, comportano una riduzione della visibilità e dei suoi aspetti di interesse;
- Il timore di rimanere senza autonomia (carburante) per giungere a destinazione o la cosiddetta “*range anxiety*” delle persone che ancora ad oggi non sono dotate di un EV;
- La variabilità di incentivi a seconda delle Regioni e Paesi considerati;
- Il ridotto sviluppo e diffusione dei *charge point*;
- Le ridotte linee guida comunitarie consentendo una uniformità delle ricariche;

Tali aspetti negativi, però, pian piano si stanno attenuando: infatti è stata riscontrata una crescente domanda dei veicoli elettrici legata principalmente alla riduzione del costo delle batterie e all'aumento della loro capacità in termini di autonomia. Inoltre, l'incremento sul territorio di colonnine elettriche e della loro pianificazione e localizzazione geografica, tramite app, sta notevolmente diminuendo la *range anxiety* media popolare. Prezzo e durata insomma determinano ancora oggi il divario tra l'acquisto di un EV e un'auto endotermica.

2.1.2 SICUREZZA

I veicoli elettrici e le relative colonnine di ricarica devono prevedere diversi parametri di sicurezza nei confronti dei passeggeri o terze persone. L'affidabilità risulta quindi uno degli elementi principali sulla costruzione di EV essendo considerato da molti un aspetto critico.

L'auto elettrica offre nella parte anteriore dell'abitacolo una zona di deformazione che, in caso di incidenti frontali avvenuti a velocità sostenute, assorbe la maggior parte dell'urto evitando così il pericolo dello schiacciamento dei passeggeri. Inoltre, con la totale assenza di benzina e gasolio o altri liquidi infiammabili viene meno il rischio di esplosione ed incendio o la perdita di carburante a seguito di uno scontro.

Durante la sessione di ricarica, per evitare il rischio di scosse elettriche, il veicolo e la colonnina, vengono sottoposte ad adeguati sistemi di protezione approvati e certificati dalla Comunità Europea e dai rispettivi enti nazionali in modo da evitare che la macchina possa diventare un elemento in tensione quando viene collegato alla corrente. Viene posta, dunque, una particolare attenzione all'isolamento dei cavi e delle prese in modo da renderli resistenti all'usura del tempo, alle condizioni

climatiche e ai guasti provocati da terzi. Sono previsti anche dei meccanismi che consentono il bloccaggio della presa durante la ricarica, interruttori automatici di disalimentazione o disconnessione della corrente, schermi e collegamenti equipotenziali di protezione e limitazione dell'introduzione di correnti armoniche che potrebbero influenzare il funzionamento dei dispositivi di controllo elencati precedentemente.

2.1.3 IMPATTI AMBIENTALI

L'auto elettrica, rispetto alle classiche auto che dominano tuttora lo scenario mondiale (gasolio e benzina) è molto importante per i livelli di impatto ed inquinamento locale e globale. Basti pensare che le auto sono i principali mezzi di spostamento su strada e che il trasporto in Europa incide con il 32% dei consumi energetici finali. L'EV presenta benefici in termini di emissioni perchè non produce le stesse sostanze inquinanti che invece un MCI può generare. Riportiamo di seguito la definizione di inquinamento tratta dal D.lgs. n°152 "l'introduzione diretta o indiretta, a seguito di attività umana, di sostanze, vibrazioni, calore o rumore o più in generale di agenti fisici o chimici, nell'aria, nell'acqua o nel suolo, che potrebbero nuocere alla salute umana o alla qualità dell'ambiente, causare il deterioramento dei beni materiali, oppure danni o perturbazioni a valori ricreativi dell'ambiente o ad altri suoi legittimi usi". [11] Per cui durante l'utilizzo dell'EV non si avrà più la produzione di sostanze inquinanti quali:

- Anidride carbonica CO₂: partecipa in misura preponderante al fenomeno dell'effetto serra e contribuisce ad un sostanziale surriscaldamento del pianeta risultando essere un problema globale. Le emissioni di carbonio allo scarico, per le auto a MCI, producono in media 160 gCO₂/km per auto a benzina, 131 gCO₂/km per auto a gasolio e 135 gCO₂/km per auto a gas naturale;



- Monossido di carbonio CO: elemento derivante dalla non perfetta combustione dei reagenti, dovuto alla mancanza di aria per ossidare il combustibile; tossico, se respirato, in quanto presenta una grande affinità con l'emoglobina che comporta una riduzione del trasporto dell'ossigeno da parte del sangue;

Figura 1.1: vignetta; fonte transport & environment

- Ossidi di azoto NO_x : prodotti da una non perfetta combustione da parte del motore del veicolo, la loro quantità varia a seconda della temperatura e del tempo in cui i reagenti stanno all'interno della camera di combustione. Partecipano ai fenomeni di piogge acide e di buco dell'ozono e possono provocare, se inalati, irritazioni all'apparato respiratorio causandone tosse e asfisia;
- Ossidi di zolfo SO_x : causano corrosione alle strutture, formazione di piogge acide, se inalate irritano le vie respiratorie causando lesioni a trachea e bronchi;
- Particolato PM_x : miscela di particelle solide e liquide sospese in aria, eterogenee in composizione e dimensioni. Vengono classificate in base alla loro dimensione, i tipi più comuni sono PM_{10} particelle con diametro inferiore a $10 \mu\text{m}$ definite come polveri inalabili $\text{PM}_{2,5}$ particelle con diametro inferiore a $2,5 \mu\text{m}$ anche dette polveri respirabili in quanto penetrano nell'apparato respiratorio fino ai polmoni. Tali particelle sono formate da nuclei di carbonio dove sono assorbiti solfati, nitrati, ammoniaca e composti organici.

2.2 PANORAMA MONDIALE ED ITALIANO DELL'EV

2.2.1 MONDIALE

Nel panorama mondiale qualcosa sta cambiando, forse dovuto alla maggior attenzione posta al cambiamento climatico alle relative conseguenze e anche grazie alla continua evoluzione della tecnologia, all'attenzione per quanto riguarda l'efficienza energetica e il continuo mutamento delle città verso le cosiddette città intelligenti o *smart grid*.

“Nel mondo, la mobilità elettrica sta attraversando una fase di sostanziale crescita: tra il 2005 e il 2016, il numero di autoveicoli a motore elettrico e ibridi elettrici plug-in è cresciuto ad un tasso medio annuo del 94% in termini di stock (superando i 2 milioni di unità) e del 72% in termini di nuove immatricolazioni. Sebbene l'incidenza relativa sia ancora contenuta (0,24% del parco auto e 1,1% delle nuove immatricolazioni a livello globale), vi sono ampie aspettative di sviluppo: si stima infatti che entro il 2040 i veicoli elettrici ammonteranno a più del 50% delle nuove vendite”. [12] Tuttavia possiamo affermare che gli EV “siano ancora una componente di nicchia, visto che solo in pochi mercati si supera l'1% delle immatricolazioni, nonostante le importanti iniziative di sostegno con politiche di sussidio e agevolazioni...quello della mobilità, che ha un ruolo centrale nel sistema

sociale. Infatti, i trasporti permettono di attivare la maggior parte delle attività economiche e migliorare la qualità della vita dei cittadini ed è per questo che la domanda di mobilità è in continua crescita su scala mondiale e l'incidenza dei costi del trasporto sulle spese delle famiglie costituisce una voce sempre più rilevante, che in Italia è pari al 11,9%, valore pressoché in linea con la media europea dove è pari al 12,8%. Il 72% delle emissioni di gas serra prodotte dai trasporti sono riferibili alla modalità stradale, che comprende le auto private, a cui sono riconducibili ben il 43,2% del totale delle emissioni costituendo di gran lunga il principale mezzo per livelli di inquinamento complessivi, i mezzi pesanti per il trasporto merci e gli autobus (responsabili del 19,3 % delle emissioni del settore) e i veicoli commerciali utilizzati nella distribuzione urbana (8,7%).” [13]

Passiamo ora ad analizzare due stati che sono considerati come le maggiori potenze economiche ed industriali: parlo degli Stati Uniti d'America e della Cina. Due colossi a livello mondiale che rappresentano una gran parte del PIL dell'intero pianeta, due Paesi che sono interdipendenti l'uno dall'altro visto e considerato il fatto che la Cina ha acquistato una considerevole fetta del debito pubblico americano. Come si comportano il Paese leader del capitalismo e la “fabbrica del mondo” riguardo la mobilità sostenibile?

Gli **Stati Uniti** rappresentano una grande opportunità per lo sbocco commerciale delle auto elettriche dovuto alle vaste dimensioni del Paese e del numero elevato della popolazione.

I vari stati federali nel corso degli anni hanno individuato più forme di contributo per incentivare l'acquisto degli EV, ad esempio i pass per circolare nelle corsie riservate a veicoli con più di due persone a bordo, budget per impianti di ricarica, eco incentivi per la rottamazione della vecchia auto inquinante, promozioni ad hoc sulle assicurazioni, erogazioni o prestiti per l'installazione delle colonnine sia in strutture residenziali che commerciali-produttive.

Da notare che grazie a queste politiche che hanno supportato anche i privati, in California è nata la casa automobilistica Tesla, leader del mercato elettrico. Il nome deriva dal famoso inventore Nikola Tesla e con sede a Fremont in pochissimi anni, esattamente dal 2003, ha raggiunto il successo a livello globale. Si stima che entro il 2018 arriverà a produrre all'anno 500.000 veicoli.

“Tesla ha progettato da zero la prima berlina interamente elettrica, Model S , che è diventata in tutto e per tutto la migliore auto della sua categoria. Combinando prestazioni, sicurezza ed efficienza, Model S ha cambiato l'idea di veicolo del XXI secolo offrendo il massimo punteggio in quanto a sicurezza, un'autonomia maggiore rispetto a qualsiasi altro veicolo elettrico, aggiornamenti software via Internet che ne migliorano di continuo le prestazioni e un'accelerazione record da 0-100 km/h in 2,28 secondi, in base alle valutazioni di Motor Trend. Nel 2015, Tesla ha ampliato la gamma con Model X, il SUV migliore, più sicuro e veloce della storia, a cui la *National Highway Traffic Safety Administration* ha assegnato una valutazione di sicurezza di 5 stelle in tutte le categorie. Infine, per

completare il “piano segreto” dell'amministratore delegato Elon Musk, nel 2016 Tesla ha annunciato Model 3, un veicolo elettrico a volume alto e dal prezzo contenuto prodotto a partire dal 2017.” [14] L'azienda però non si è limitata alla sola produzione di auto elettriche, si è spinta più avanti ideando soluzioni che permettano ai semplici cittadini o alle imprese di utilizzare l'energia solare per i loro bisogni.

La **Cina** o la cosiddetta “fabbrica del mondo”, il Paese che produce ed esporta a livello globale i suoi prodotti e le sue merci sta pagando a caro prezzo ciò che la rende così potente. Se da un lato le condizioni della popolazione sono migliorate in termini di lavoro e società, dall'altra i cinesi soffrono per l'elevato inquinamento causato dalle centrali a carbone, risorsa di cui lo stato è ricco.

Secondo uno studio di Berkeley Earth pubblicato sul giornale on-line PLoS ONE dalla Public Library of Science “l'inquinamento atmosferico in Cina sta uccidendo una media di 4.000 persone al giorno. E' come se ogni uomo, donna e bambino fumassero quasi 40 sigarette al giorno. Gli scienziati attribuiscono la responsabilità dei decessi soprattutto alle emissioni delle centrali a carbone e in particolare alle minuscole particelle note come PM2,5 che possono scatenare attacchi di cuore, ictus, cancro ai polmoni e asma.”

Forse per questo motivo e per cercare di porre rimedio alle disastrose conseguenze dell'inquinamento la Cina è il primo Paese al mondo in termini di stock di EV. Sicuramente le cause di questo primato sono dovute al numero elevato di popolazione, agli ingenti incentivi fiscali erogati dal governo cinese in materia di mobilità sostenibile, alle innumerevoli aziende e produttori di autovetture elettriche e all'enorme quantità di infrastrutture di ricarica che permettono quindi una riduzione della *range anxiety*. La Cina ha avuto una sostanziale crescita dal 9% del 2010 al 31% del 2015.

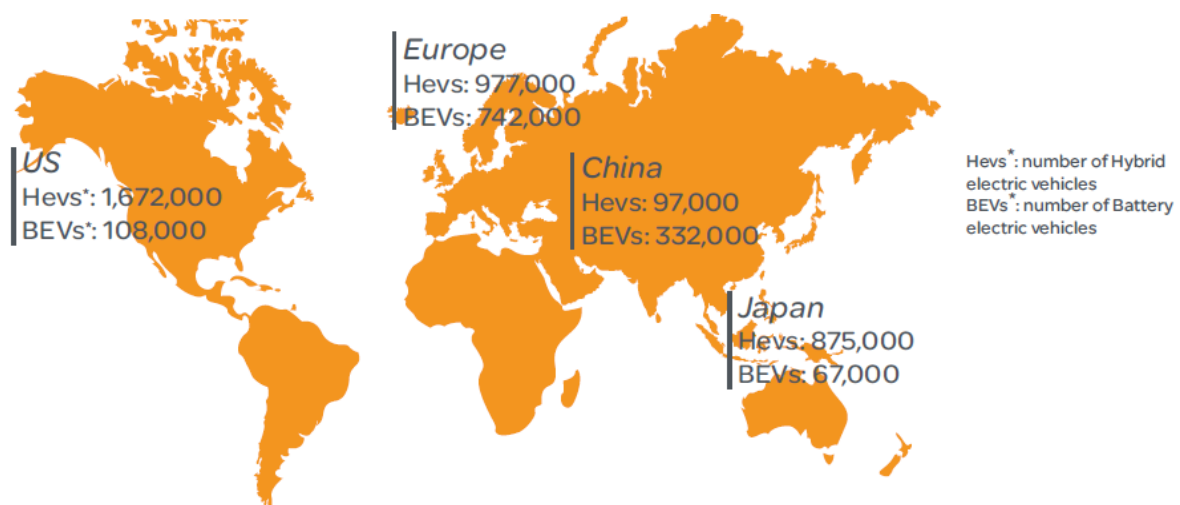


Figura 2.2: previsione auto EV e PHEV nel mondo al 2020; fonte: J.D.Power

2.2.2 EUROPEO

La comunità europea si sta muovendo anch'essa verso un fondamentale e repentino cambiamento. I primi sono stati i Paesi del nord d'Europa come Norvegia e Danimarca seguiti poi da un buon approccio nazionale della Francia, Germania e Regno Unito.

Nell'ambito dell'Unione Europea, le principali direttive nel corso degli ultimi anni riguardo la mobilità sostenibile sono:

- la direttiva 2006/38/CE, che modifica la direttiva 1999/62/CE relativa alla tassazione a carico di autoveicoli pesanti adibiti al trasporto di merci su strada per l'uso di alcune infrastrutture;
- la direttiva 2008/68/CE (che sostituisce le direttive 1994/55/CE, 1996/49/CE, 1996/35/CE, 2000/18/CE, 2005/263/CE), che tratta il trasporto interno di merci pericolose;
- la direttiva 2009/33/CE, relativa alla promozione di veicoli puliti e a basso consumo energetico nel trasporto su strada;
- l'istituzione della settimana europea per la mobilità sostenibile nata nel 2005 per volere della Commissione Europea che ogni anno affronta un diverso tema;
- il Piano d'azione per la mobilità urbana del 2009, nel quale si propongono venti azioni per supportare gli stati nella realizzazione dei rispettivi obiettivi di mobilità sostenibile;

Grazie al Libro bianco dell'auto elettrica del 2017 analizziamo ora alcuni casi specifici europei.

La **Norvegia** è il Paese con il più alto tasso al mondo di veicoli elettrici per popolazione ed è anche il primo stato al mondo per diffusione di colonnine di ricarica in rapporto agli abitanti, con oltre 10 mila punti di rifornimento. Da notare che il 93% delle auto elettriche norvegesi vengono ricaricate a casa. Saltuariamente in azienda (39%) o nei punti di ricarica rapida (15%), nei punti di ricarica lenti di parcheggi e centri commerciali (15%). Uno dei motivi per cui la Norvegia detiene il primato europeo per numero di EV è da ricondurre all'efficace scelta politica di puntare alla mobilità sostenibile. Con gli incentivi e sgravi statali il prezzo delle auto elettriche è diventato competitivo e l'installazione delle colonnine di ricarica lungo tutto il Paese ha risolto il problema della "limitata" durata della batteria. La decisione norvegese di puntare sugli EV è in linea con le politiche ambientali che proseguono da anni: infatti la maggior parte dell'energia elettrica è prodotta da fonti rinnovabili.

Per quanto riguarda la **Francia** invece, essa conta su strada 100.000 veicoli elettrici circolanti e una grande percentuale di questi è rappresentata da veicoli privati. Ad un aumento dell'auto elettrica su strada è corrisposto anche un incremento sostanziale del numero dei punti di ricarica sul territorio nazionale.

In Francia, la ricarica domestica è preferita nel 75-80% dei casi. Il modello di EV più venduto in Francia è Zoe della Renault.

Il piano nazionale **tedesco** di sviluppo per l'auto elettrica redatto nel 2011 prevedeva un milione di veicoli elettrici su strada entro il 2020. Le politiche di incentivazione però non sono bastate perché il mercato dell'auto elettrica prendesse il volo: a metà 2016, le auto a batteria circolanti in Germania erano solo 50.000. Si tratta di numeri contenuti, molto distanti dalle previsioni ma con le sue 800 colonnine di ricarica è il secondo paese europeo dopo il Regno Unito per numero di infrastrutture oltre i 45 kW. Anche se ben lontana dagli obiettivi prefissati la Germania ha lanciato un'iniziativa coinvolgendo 15 enti tra cui il Ministero dell'Educazione e della Ricerca chiamato "*Visio M concept car*" per mettere in commercio un EV ad un prezzo conveniente stimolando, quindi, nei tedeschi la voglia di abbandonare pian piano le auto ad emissioni inquinanti. C'è da sottolineare che questo Paese è al primo posto per l'acquisto e la vendita della auto; di conseguenza, la potenzialità delle auto elettriche potrebbe essere enorme ma gli scarsi numeri confermano le resistenze per questo cambiamento.

Mentre il **Regno Unito** ha scelto di impegnare una parte importante degli stanziamenti statali nell'innovazione e nella Ricerca e Sviluppo legata alle frontiere della mobilità, come *ultra low emission vehicle*, tecnologia per la guida autonoma e *Vehicle-to-Grid (V2G)*.

I **Paesi Bassi** puntano molto sull'e-mobility. Entro il 2020 vogliono raggiungere la quota di 200.000 veicoli elettrici circolanti. Il Ministero dell'Economia ha varato il Piano Nazionale di Azione per l'Auto Elettrica sostenendo le iniziative pubbliche e private con un fondo di 65 milioni di Euro. Contemporaneamente il Ministero delle Infrastrutture e dell'Ambiente ha iniziato un percorso tra vari soggetti per arrivare entro il 2050 al trasporto su ruota completamente elettrico. Buone pratiche già rodiate sono ad esempio il car sharing elettrico e i taxi elettrici. Da notare che Tesla ha deciso di scegliere la città di Tilburg (situata nel sud dell'Olanda) come sede di distribuzione dei propri modelli automobilistici per il mercato europeo. "Il dato della market share evidenzia una grande penetrazione, che tra il 2010 e il 2015 è cresciuta di ben 9,5 punti percentuali con oltre 2.500 EV immatricolati solo nel 2015, facendo sì che l'Olanda sia di fatto il secondo mercato europeo, in termini di quota di mercato, dopo la Norvegia, e con prospettive di crescita interessanti, soprattutto in relazione alle differenti azioni e politiche promosse, che sono state già messe in campo dal governo e rimarranno nei prossimi anni, almeno fino al 2018, permettendo quindi al mercato di ampliarsi ulteriormente"[15]

Il mercato spagnolo dell'auto elettrica è abbastanza esiguo come le infrastrutture di ricarica presenti. Un fattore anomalo visti e considerati i numerosi incentivi statali che nel corso degli anni sono stati erogati per sviluppare l'acquisto degli EV arrivando fino a 8.000 Euro per auto. Sono stati creati anche programmi di ricerca, innovazione e sviluppo.

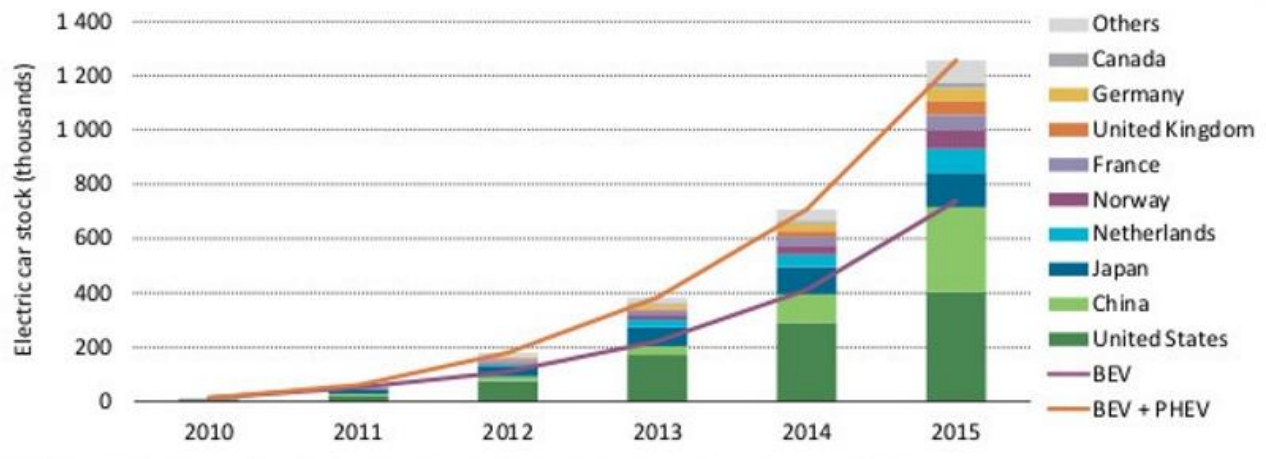


Figura 2.3: evoluzione dello stock di vetture elettriche; fonte: Industria italiana

Anno	Immatricolazioni (BEV)					
	Cina	Francia	Germania	Olanda	Spagna	Norvegia
2010	1090	180	140	120	70	390
2011	4750	2630	1830	860	570	2010
2012	9640	5600	2560	790	440	4070
2013	14610	8760	5460	2250	920	7880
2014	48910	10560	8380	2660	1040	18110
2015	146720	17270	12060	2540	1420	27790

Tabella 2.1 Immatricolazioni vetture BEV nel mondo

Stock colonnine slow		Anni					
e fast		2010	2011	2012	2013	2014	2015
Cina	Slow	n.d	n.d	n.d	n.d	21000	46657
	Fast	123	558	1407	2723	9000	12101
Francia	Slow	26	253	800	1700	1700	10122
	Fast	0	3	9	76	127	543
Germania	Slow	26	573	1500	2400	2606	4787
	Fast	3	28	75	161	317	784
Olanda	Slow	400	1826	3611	5770	11860	17786
	Fast	4	15	63	114	262	465
Spagna	Slow	25	216	400	800	800	1479
	Fast	2	21	39	71	118	186
Norvegia	Slow	2800	3105	3688	4511	5471	6357
	Fast	6	23	58	87	200	698

Tabella 2.2 Installazione charge point nel mondo;

fonte: l'e-mobility, mercato e policies per un'evoluzione silenziosa

2.2.3 ITALIANO

“Le auto elettriche possono sembrare una meraviglia tecnologica, soprattutto per abbattere i livelli di emissioni nei centri urbani, ma si tratta di un’arma a doppio taglio” così Marchionne, l’Amministratore delegato di Fiat Chrysler Automobiles, spiegava mentre riceveva la laurea honoris causa in ingegneria meccatronica dall’Università di Trento nell’ottobre del 2017.

Proprio a Trento, dove il 15 settembre 2014 è stato presentato il progetto di legge di iniziativa popolare sulla mobilità sostenibile in Trentino. Il Comitato promotore ha organizzato in tre mesi iniziative pubbliche per raccogliere le 2500 firme necessarie per la discussione del DDL nel Consiglio provinciale. È uno dei pochissimi esempi di disegni legge di iniziativa popolare presentati, ed è stato elaborato utilizzando il metodo partecipativo coinvolgendo associazioni e cittadini trentini e riguarda appunto la mobilità sostenibile.

L’Italia ha il tasso di motorizzazione più alto d’Europa (610 auto ogni 1.000 abitanti, rispetto a 548 della Germania e a 484 della Francia). Il parco auto nazionale è tuttavia tra i più obsoleti (quasi il 14% del parco circolante ha più di 20 anni di età), con un conseguente impatto ambientale superiore

ai parametri medi europei (il 39% del parco auto in Italia è inferiore o uguale ad Euro 3, rispetto ad una media europea del 34%).

La mancanza di visione generale ed unitaria nelle politiche e nelle strategie italiane ha determinato un rallentamento delle iniziative legate alla mobilità sostenibile. Solo negli ultimi anni l'argomento sta prendendo piede e i cittadini prendono coscienza dell'importanza che le auto ibride ed elettriche ricoprono per il miglioramento della qualità dell'aria e quindi della vita.

A luglio 2017, il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (MIT) ha approvato l'accordo di programma con le Regioni e le Province Autonome italiane per lo sviluppo delle reti di ricarica per i veicoli elettrici diffuse sul territorio nazionale, a fronte di un impegno di 28,7 milioni di Euro.

L'Italia si sta muovendo tramite la SEN (Strategia Energetica Nazionale) che "ribadisce, tra le priorità di azione, l'importanza dell'auto elettrica per il raggiungimento degli obiettivi su fonti rinnovabili ed efficienza energetica, prevedendo "un aumento naturale della penetrazione di ibride *plug-in* e 100% elettriche, aumentando il ruolo che la mobilità elettrica potrà avere fin dai prossimi anni. Appaiono essere la migliore soluzione per la mobilità urbana privata. Ci si aspetta una particolare efficacia degli investimenti in questa tipologia di veicoli tra 5-7 anni, con una diffusione complessiva di quasi 5 milioni di veicoli al 2030." [16]

Il numero degli EV in Italia è uno dei più bassi di tutta Europa. Come si diceva pocanzi le strategie politiche non coordinate a più livelli rendono difficile una diffusione capillare di questi mezzi alternativi.

Oltre alle proposte e ai piani nazionali promossi dai vari ministeri ci sono anche iniziative indipendenti da parte delle Regioni, ad esempio la Valle d'Aosta permette il parcheggio gratuito alle auto a batteria, mentre nelle altre regioni d'Italia, i veicoli elettrici non sono soggetti al pagamento del bollo. Da segnalare sono le decisioni di alcune Regioni italiane che in accordo con il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti hanno deciso di potenziare la propria rete di stazioni di ricarica dedicate ai veicoli elettrici. Ad esempio:

- la Toscana (oggi prima per numero di colonnine sul territorio nazionale) nel 2016 ha messo a disposizione 1,7 milioni di Euro di fondi assegnati dal MIT per il cofinanziamento di progetti per la realizzazione di impianti di ricarica;
- la Lombardia ha varato a meta 2016 il bando "Ricarica" da 1 milione di Euro di contributi per l'acquisto e l'installazione di sistemi di ricarica privati per autoveicoli, furgoni e quadricicli pesanti elettrici e ibridi *plug-in*;
- il Piemonte prevede di realizzare entro il 2018 i primi 150 punti di ricarica in ambito urbano, 35 punti di ricarica veloce presso stazioni di rifornimento stradali e 35 punti di ricarica veloce presso poli attrattori di traffico;

- la Valle d'Aosta ha lanciato il progetto "E-Via!" finanziato con i fondi PNIRE 2014 per l'installazione di 35 colonnine di ricarica, in gestione a Duferco Energia;
- l'Umbria, Emilia-Romagna e Sardegna hanno già appaltato la fornitura e l'installazione delle infrastrutture di ricarica.

Secondo CEI CIVES a dicembre 2016 il parco auto elettriche circolante in Italia era pari a 8.750 vetture.

Un punto a favore per il nostro Paese e per lo sviluppo della mobilità sostenibile è sicuramente il fatto che le città italiane sono densamente popolate e non ci sono lunghi tratti di percorrenza disabitati. Di conseguenza, i punti di ricarica sarebbero posti relativamente vicini e in caso di scarsa autonomia un automobilista potrebbe rintracciare tramite l'app il charge point più vicino.

Purtroppo, la crisi economica che continua ormai da una decina d'anni non ha aiutato la diffusione di questi veicoli e la casa automobilistica italiana, la Fiat, continua a preferire i veicoli a metano e gpl.

Italia				
Anno	Immatricolazioni (BEV)	Stock (BEV)	Stock colonnine Slow	Stock colonnine Fast
2010	40	640	2	614
2011	120	760	2	728
2012	510	1270	4	1350
2013	840	2100	6	1350
2014	1080	3180	10	1350
2015	1400	4580	70	1679

Tabella 2.3 Immatricolazioni vetture BEV e installazione charge point in Italia

2.2.4 INCENTIVAZIONE STRUTTURE DI RICARICA IN ITALIA

Anche se è un Paese dalle enormi potenzialità, l'Italia presenta forti ritardi per quanto riguarda la mobilità sostenibile mentre l'energia prodotta da fonti rinnovabili si aggira intorno al 17,5%. Una percentuale davvero buona se consideriamo che entro il 2020 l'Italia deve raggiungere la quota del 18%.

La probabile differenza tra i due livelli di diffusione è dovuta agli incentivi statali per la produzione di energia da fonti alternative che sono mancati e mancano tutt'oggi per le auto elettriche.

Bisognerebbe attivare misure omogenee su tutto il territorio nazionale semplificando magari la burocrazia e prevedendo agevolazioni per l'acquisto di EV e la posa di punti di ricarica per enti pubblici e privati (residenziali ed aziendali).

C'è da dire però che nel 2014 il governo italiano ha presentato il Piano Nazionale per la Ricarica dei veicoli alimentati a Energia elettrica (PNIRE) con successive modifiche apportate nel 2016.

Il piano che a tutti gli effetti è un documento di programmazione per l'implementazione dell'uso delle auto elettriche e relativi impianti di ricarica, segue le indicazioni e le norme dell'Unione Europea. Come ad esempio, "Strategia Europa 2020" e "Strategia Trasporti 2050". L'Italia sta tentando di recuperare il tempo perso con uno stanziamento di 28,7 milioni di Euro.

Fase	Periodo Temporale	Obiettivi generali
Fase 1 Definizione e Sviluppo	2013-2016	<ul style="list-style-type: none">- Introduzione di una dimensione minima di veicoli elettrici- Introduzione di una infrastrutturazione di base di punti di ricarica pubblici e privati- Concertazione e definizione di standard tecnologici- Definizione, sviluppo e implementazione di policy che favoriscano lo sviluppo della mobilità elettrica- Incentivo allo sviluppo tecnologico
Fase 2 Consolidamento	2017-2020	<ul style="list-style-type: none">- Emanazione di norme comuni e condivise tra Stati Membri- Diffusione su larga scala di veicoli ad alimentazione elettrica (puri e ibridi Plug In)- Completamento e consolidamento della rete di infrastrutture di ricarica pubblica (e privata)- Incentivo allo sviluppo tecnologico

Figura 2.4: obiettivi da affrontare; fonte:PNire

L'ambizione, se così vogliamo chiamarla, è di installare entro il 2020 dai 4.500 ai 13.000 siti di ricarica lenta e dai 2.000 ai 6.000 punti di ricarica veloce.

Il Piano prevede anche la creazione della Piattaforma Unica Nazionale (PUN) con “l'obiettivo di garantire, in tutto il territorio nazionale, uniformità e omogeneità delle informazioni afferenti alle reti di ricarica pubblica e opzionalmente private con accesso al pubblico, dedicate alla ricarica dei veicoli elettrici su tutto il territorio nazionale. Tale piattaforma costituirà fonte primaria dell'informazione istituzionale rivolta ai Cittadini e agli Operatori del settore.” [17]

Alcune regioni hanno aderito al PNIRE come l'Emilia Romagna con il progetto “Mi muovo elettrico”.

Anche soggetti terzi hanno iniziato a rafforzare il territorio con l'infrastruttura necessaria come ad esempio Enel che in accordo con regioni e comuni italiani è arrivato ad installare numerosi punti di ricarica. Già attivi sono accordi con l'Emilia Romagna, l'Umbria e la Puglia, a Firenze sono stati collocati 183 punti di ricarica e 24 nel comune de L'Aquila.

Analizzando la Direttiva 2014/94/UE si capisce come si voglia puntare su realtà a misura d'uomo per la realizzazione necessaria degli impianti. Si prevede che entro il 31 dicembre 2017 i Comuni dovranno adeguare i propri regolamenti in modo da garantire la predisposizione dell'allaccio per la ricarica dei veicoli elettrici negli immobili di nuova costruzione o ristrutturati che rispondono a determinati parametri (una superficie superiore a 500 m² per immobili a uso non residenziale e almeno 10 unità abitative per quelli residenziali di nuova costruzione). Inoltre, gli spazi auto dotati di punto di ricarica dovranno essere non inferiore al 20% dei totali. Mentre le Regioni, in caso di autorizzazione alla realizzazione di nuovi impianti di distribuzione carburanti e di ristrutturazione di quelli esistenti, dovranno prevedere l'obbligo di infrastrutture di ricarica elettrica “di potenza elevata almeno veloce”, ovvero compresa tra 22 kW e 50 kW.

Si spera, attraverso un'uniformità della normativa italiana e successivi incentivi fiscali, in un decollo del mercato dell'*e-mobility*. Le soluzioni sono diverse e molteplici: *ecobonus* da spendere ed utilizzare nel caso di acquisto di un'auto elettrica, parcheggi gratuiti, ricariche gratuite, detrazioni dalle imposte, ammortamenti per l'installazione degli impianti di ricarica, esenzione dall'occupazione del suolo pubblico a fronte di un investimento di un privato, riduzioni sulla tassa di immatricolazione, esenzioni dalla tassa annuale di circolazione, campagne di sensibilizzazione.

2.3 PARAGONE DI COSTI TRA EV E ICE

Certamente la differenza di costo a parità di uno stesso modello di vettura elettrica o a combustione non invoglia il cliente a scegliere l'EV, in quanto la maggior parte dei consumatori e acquirenti in primo impatto bada solamente alla spesa economica iniziale e di listino, senza considerare i benefici che stanno a valle di questo. Infatti, per un'auto elettrica possiamo ritenere che a fronte di un investimento iniziale maggiore all'acquisto della vettura, negli anni successivi si avrà un risparmio dato da spese economiche quali bollo, assicurazione, sosta in parcheggi, ma soprattutto un costo di manutenzione ridotto, in quanto l'EV "costruttivamente è molto meno complessa rispetto ad un'auto tradizionale a combustione interna. Il motore essendo costituito da meno parti in movimento è meno soggetto ad usura e quindi a guasti. Inoltre, non necessita di frequenti controlli ed operazioni di manutenzione ordinaria quali cambio d'olio e filtri". [18] Si otterranno in questo modo risparmi dati da un numero inferiore di interventi anche dovuti ad un'assenza di frizione, cinghie di distribuzione, valvole, canalette per il combustibile. Oltre a tale vantaggio, il costo del carburante per una EV risulta essere minore rispetto a quello attuale di gasolio e benzina, dovuti ad un vantaggioso prezzo dell'energia elettrica e al sistema di raccolta dell'energia durante la fase di discesa o di frenata del veicolo, dobbiamo però tenere presente che "una salita di un chilometro però brucia più batteria di quanto riusciamo a ricaricarne con una discesa della stessa lunghezza". [19]

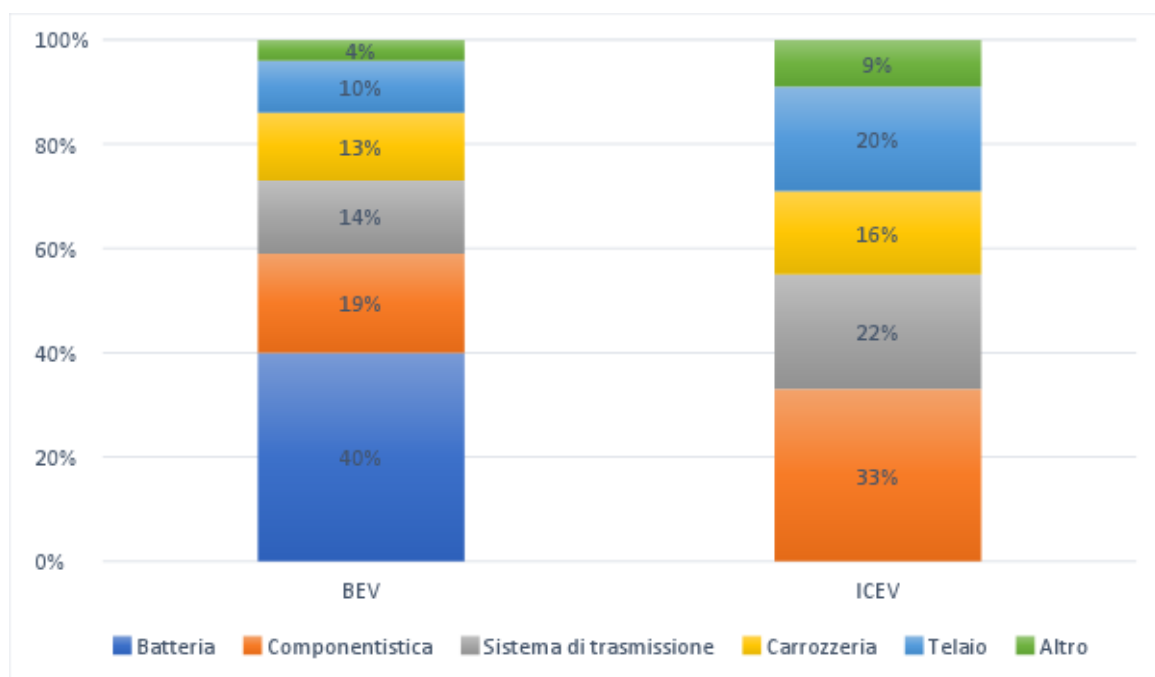


Figura 2.5: spese per componentistiche auto

2.3.1 DIFFERENZA DI COSTI BEV E MCI

In questo paragrafo presenterò una breve analisi dei costi mettendo in luce la differenza tra auto elettrica e auto a motore endotermico. Possiamo affermare che il η_{globale} di un'auto a MCI si aggira intorno al 30-35 % infatti buona parte dell'energia viene dissipata in calore, mentre nell'EV il rendimento globale raggiunge circa l'80-85% dell'energia acquisita, avendo quindi migliori performance.

Le prestazioni dei veicoli elettrici si misurano in termini di emissione di anidride carbonica, basandosi su un'analisi che coinvolge l'intero ciclo di vita e non solamente quelle allo scarico, si vuole per cui fare un riferimento non solo alle sostanze inquinanti emesse in atmosfera durante la marcia del veicolo ma si vuole tenere conto dell'intero processo di produzione che comprende la costruzione, il trasporto, e il suo smaltimento, ossia si vuole considerare un processo “dal pozzo alla ruota”. Confronteremo i vari parchi elettrici delle nazioni per vedere come viene prodotta l'energia primaria che consente al veicolo di funzionare.

Un esempio veloce per capire questo, consiste nel considerare le emissioni inquinanti prodotte allo scarico, e quelle durante il processo di realizzazione e smaltimento del veicolo.

- Auto a gasolio: $131 \text{ gCO}_2/\text{km} + 25 \text{ gCO}_2/\text{km} = 156 \text{ gCO}_2/\text{km}$, si può notare come il “prezzo ambientale” di produzione risulta essere relativamente basso rispetto a quello allo scarico, ciò perché l'infrastruttura risulta essere efficiente in tutte le sue forme, consolidata da molto tempo e ammortizzata negli anni;
- Veicolo elettrico: $0 \text{ gCO}_2/\text{km} + 87 \text{ gCO}_2/\text{km} = 87 \text{ gCO}_2/\text{km}$ questo elevato valore è dovuto alla produzione di energia elettrica derivante dal parco energetico dell'Unione Europea, che prevede non solo impianti a energia rinnovabile ma anche impianti a carbone, centrali nucleari, impianti cogenerativi e impianti antiquati ma che comunque servono al sostentamento della rete elettrica continentale. Se la produzione di energia elettrica avvenisse solamente tramite fonti rinnovabili avremo che il prezzo ambientale sarebbe molto più ridotto;

Considerando quindi l'intero ciclo di vita comprendenti la produzione, l'utilizzo e il riciclaggio, anche denominato "dal pozzo alla ruota" o "*well-to-wheel*", risulta essere composto da due diverse fasi:

- "dal pozzo al serbatoio" "*well-to-tank*" relativo ai costi legati all'estrazione della fonte primaria, all'elaborazione del combustibile, alla lavorazione e al trasporto, risulta essere molto elevato per i combustibili fossili rispetto al ciclo di produzione dell'energia elettrica;
- "dal serbatoio alla ruota" o "*tank-to-wheel*" relativa alla conversione dell'energia da parte del motore elettrico o a combustione.

Risulterà quindi:

$$\text{well-to-wheel} = \text{well-to-tank} + \text{tank-to-wheel}$$
$$\text{dal pozzo alla ruota} = \text{dal pozzo al serbatoio} + \text{dal serbatoio alla ruota}$$

2.3.2 IL COSTO DI UNA RICARICA PER EV

Solitamente il consumo di una ricarica viene espressa in kWh e questo dipende dalla "grandezza" della batteria e quindi dall'autonomia percorribile. La maggior parte delle auto in commercio ha un'autonomia che va dai 150 km ai 400 km, ciò significa un pacco batteria che va da 16 kWh a 30-40 kWh.

Parametro importante su cui improntare i consumi è il rapporto km/kWh che equivale per un'auto a combustione interna al rapporto km/l (di benzina).

Solitamente i veicoli in commercio hanno un'autonomia di 6-8 km/kWh, ciò vuole dire che servono all'incirca 0,17-0,125 kWh/km.

Ma quanto costa un kWh in bolletta? A seconda del venditore di energia e della potenza contrattuale il kWh si aggira intorno ai 0,25 €, ciò significa che con 1€ si possono percorrere dai 24 ai 32 km a seconda dello stile di guida adottato dal conducente della vettura. Per compensare e ricaricare completamente una batteria da 30 kWh si avrà una spesa di circa 7,50 €.

Ipotizzando una persona media che utilizza la macchina per lo spostamento casa-lavoro e che compie circa 12.000 km/anno otterremmo:

1. Con un veicolo elettrico ed un consumo specifico precedentemente stimato di 0,17 kWh/km, risulta possibile stimare i consumi di energia elettrica in:

- Nel caso peggiore

$$12.000 \text{ km/anno} * 0,17 \text{ kWh/km} = 2.040 \text{ kWh/anno}$$

$$2040 \text{ kWh/anno} * 0,25 \text{ €/kWh} = 510 \text{ € per percorrere 12000 km in un anno;}$$

- Nel caso invece si riuscisse a viaggiare con un 0,125 kWh/km e quindi a 8 km/kWh, nel caso volessimo percorrere 12000 km otterremmo una spesa paria a circa:

$$12.000 \text{ km/anno} * 0,125 \text{ kWh/km} = 1500 \text{ kWh/anno}$$

$$1500 \text{ kWh/anno} * 0,25 \text{ €/kWh} = 375 \text{ €}$$

Tramite impianto fotovoltaico i costi ovviamente scendono in quanto l'energia elettrica risulta essere "gratis" a fronte di un investimento iniziale.

2. Con un'auto a gasolio: ipotizzando un costo del gasolio pari a 1,5 €/l e una percorrenza di 12000 km/anno, ed un rapporto di 15/20 km/l otterremmo:

- Nel caso peggiore:

$$12.000 \text{ km/anno} * 0,06 \text{ l/km} = 720 \text{ l/anno}$$

$$720 \text{ l/anno} * 1,5 \text{ €/l} = 1080 \text{ €/anno}$$

- Nel caso migliore:

$$12.000 \text{ km/anno} * 0,05 \text{ l/km} = 600 \text{ l/anno}$$

$$600 \text{ l/anno} * 1,5 \text{ €/l} = 900 \text{ €/anno}$$

Ci risulta quindi una spesa sostanzialmente maggiore nel caso dell'auto a gasolio.

3- DriWe e colonnine di ricarica

3.1 INTRODUZIONE DI DRIWE

DriWe è una start up situata a Schio (VI) che dal 2013 sta sviluppando una serie di interessanti progetti nel campo dell'elettronica; In particolar modo si rivolge a privati e ad aziende proponendo soluzioni innovative per la gestione dell'energia elettrica con l'obiettivo di diventare ed essere un supporto importante per chi vuole entrare nel nuovo mondo della *smart grid* e della mobilità elettrica.

I punti cardini su cui DriWe ha fondato la sua forza sono:

- DriWe Sun: impianto fotovoltaico che genera energia per autoconsumazione. Di varie dimensioni, sicuro e versatile che può essere impiegato per diversi scopi, ad esempio per la ricarica dei veicoli elettrici, per l'utilizzo delle apparecchiature domestiche oppure per la vendita di energia alle società che gestiscono la rete elettrica.

L'impianto è caratterizzato da un sistema domotico che permette di gestire i vari flussi di corrente richiesti dai dispositivi quando sono in funzione, consentendo così il loro pieno e regolare svolgimento;

- DriWe Charge: colonnine di ricarica innovative ed intelligenti con potenze che partono da 3,7 kW a 22kW, adatte per la ricarica di auto, scooter, quadricicli leggeri o bici, il tutto 100% elettrico.

Questa scelta permette loro di essere facilmente installate sia in aree private (infrastrutture come enti privati, alberghi o imprese) sia in aree pubbliche (quali supermercati, centri commerciali o strutture pubbliche).

Questi *charge point* DriWe vengono gestiti direttamente da management tramite sim installata all'interno della colonnina. Di conseguenza, risulta sempre connessa e localizzata e ha la possibilità di controllare ed individuare eventuali anomalie o permette l'aggiornamento di software e firmware da remoto. La sessione di ricarica del veicolo può essere effettuata con una card/tessera o semplicemente prenotandola tramite app installata in uno smartphone. Chi sceglie la colonnina di ricarica DriWe Charge avrà inoltre la possibilità di metterla a disposizione di altri proprietari di EV in modo da creare un network di utenti interconnessi.

- DriWe Car: Simbolo dell'*e-mobility*, rappresenta l'auto 100% elettrica. Per mezzo di opportune modifiche strutturali all'assetto della vettura, è stato sostituito il vecchio motore a combustione con un elettrico e si è posizionato il pacco batterie a discapito del serbatoio della benzina. Tutto è iniziato da un'attenta analisi delle dimensioni, pesi ed ingombri delle nuove componentistiche per finire poi a selezionare accuratamente gli elementi utili per il nuovo retrofit dell'auto. Sono state eliminate tutte le componenti non più necessarie al progetto quali ad esempio il MCI, il serbatoio, la frizione, l'impianto di scappamento fumi, e così via. "Successivamente vengono costruiti gli specifici staffaggi per supportare e contenere le componenti elettriche. A seguito dell'assemblaggio dei componenti elettrici, l'auto viene testata in officina, prima di essere sottoposta al processo di omologazione presso un ente certificato. L'auto messa su strada è pronta per una nuova "elettrizzante" vita". [20]
- DriWe App: i *charge point* di DriWe sono geolocalizzati tramite app "Next Charge" che consente di individuare i luoghi dove sono stati installati vari *charge point* in Italia e all'estero, con possibilità di visualizzare le foto della postazione, i feedback degli utenti, lo stato attuale della colonnina (attiva, in manutenzione, pianificata), e lo stato di prenotazione della ricarica ossia se risulta libera o occupata. Utilizza un sistema di abilitazione ai pagamenti anche da remoto con smartphone, attraverso i circuiti Visa e PayPal o un sistema più semplice di *couponing* rendendo il tutto più facile da gestire;

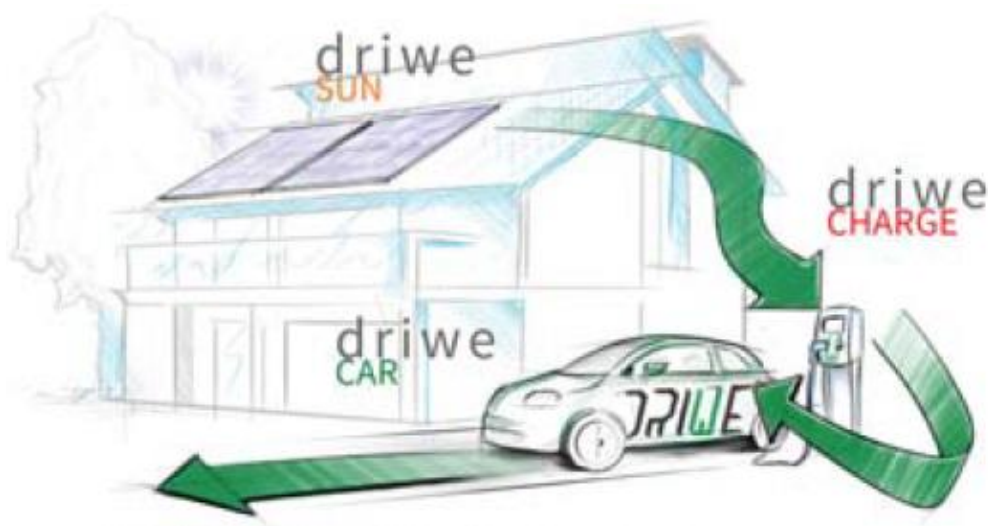


Figura 3.1: rappresentazione sistema integrato DriWe, fonte DriWe

3.2 DOVE UTILIZZARE LE DRIVE CHARGE POINT

Voglio ora descrivere le possibili destinazioni di interesse per i Drive *charge point*:

- Abitazione privata: è il punto di ricarica più adatto per chi possiede un'auto elettrica perché è il posto dove l'auto solitamente sosta più a lungo nel corso della giornata soprattutto nelle ore serali e notturne. Le colonnine possono essere installate nel proprio garage o nel relativo posto auto assegnato se si vive per esempio in un condominio. In Italia la maggior parte delle case ha a disposizione una fornitura d'energia con potenza massima fissata a 3kW, ma, se si possiede un'auto elettrica si può fare richiesta per un aumento contrattuale di potenza fino a 4,5 kW per esempio, non avendo obblighi per un nuovo allacciamento o una contabilizzazione separata del dispositivo, basterà il normale contatore dell'energia come per tutte le altre utenze domestiche.

La ricarica a casa potrebbe altrimenti servire più semplicemente come un parziale rabbocco o nel gergo della mobilità elettrica come “biberonaggio” tramite ricariche lente (cioè con bassi livelli di potenza) permettendo così di coprire senza problemi le tratte di media percorrenza quali casa-lavoro o casa-supermercato.

Il costo della ricarica effettuata nella propria abitazione verrà poi addebitato in bolletta sotto forma di kWh come l'utilizzo di qualsiasi altra apparecchiatura elettrodomestica. Ad oggi, visto l'ancora ridotto numero di infrastrutture di ricarica attive nel territorio, le abitazioni private costituiscono il primo punto fondamentale per la costruzione di *smart grid* e per il futuro della mobilità sostenibile, infatti alcune leggi come la N° 134 del 2012 “Misure urgenti per le infrastrutture edilizie e i trasporti” prevedono che “entro il 31 dicembre 2017, in base alla Direttiva DAFI, i comuni sono chiamati ad adeguare i propri regolamenti prevedendo che, ai fini del conseguimento del titolo abilitativo edilizio, sia obbligatorio prevedere per gli immobili di nuova costruzione o ristrutturati a uso diverso da quello residenziale con superficie utile superiore a 500 metri quadrati e per quelli residenziali di nuova costruzione con almeno dieci unità abitative, la predisposizione all'allaccio per la possibile infrastruttura per la ricarica dei veicoli elettrici”;^[21]

- Posto di lavoro: L'installazione in questo tipo di ambiente può venire sfruttata non solo dai dipendenti ma anche da tutte le altre figure coinvolte nel processo lavorativo (fornitori, clienti, visitatori), permettendo così di dare un valore aggiunto e un'immagine più green alla struttura che le mette a disposizione. Possono essere installate colonnine lente o

“accelerate”, in base alle necessità riscontrate che solitamente vanno da un minimo di 3,7 kW ad un massimo di 22 kW.

In tale circostanza sarebbe preferibile non fare pagare l'energia a chi utilizza il *charge point* per ricaricare il pacco batterie dell'auto, almeno per il primo periodo di gestione, visto che difficilmente la ricarica delle vetture potrebbe diventare una fonte di guadagno per l'azienda. A seconda dei bisogni o in caso di frequentatori assidui si potrebbe richiedere un rimborso spese minimo per l'energia consumata, ma tutte queste ipotesi dipendono dalle esigenze aziendali.

- Centri commerciali, cinema, supermercati e strutture turistiche: è un importante esempio di come l'installazione di colonnine di ricarica in punti strategici possa influenzare le scelte e le preferenze dei proprietari di un EV. Infatti, la presenza di *charge point* nei luoghi di villeggiatura, al ristorante o al supermercato viene vista come un servizio aggiuntivo in grado di attrarre nuovi clienti.

Questi luoghi sono l'esempio classico di sosta breve, infatti la durata della sosta non va solitamente oltre le due ore, risultando quindi essere un tipo di ricarica discontinuo. Per tale motivo si cercheranno soluzioni con ricarica lenta o accelerate ossia dai 3,7 kW ai 22kW permettendo una valida erogazione di energia anche in tempi ridotti. I gestori di tali servizi potranno inoltre definire vere e proprie politiche commerciali attraverso l'utilizzo dei sistemi di ricarica interoperabili di DriWe, pagabili attraverso tessera RFID, carta di credito oppure coupon.

- Enti pubblici: devono diventare i maggiori promotori della diffusione dei servizi di ricarica e della realizzazione di infrastrutture pubbliche. Ad oggi già molti comuni italiani hanno adottato diverse tipologie di *charge point* a seconda delle esigenze. Si cercherà comunque di installare colonnine che hanno una potenza medio alta, ciò vuol dire sistemi di ricarica da 7,4 kW a 22 kW, consentendo ed offrendo un servizio all'avanguardia ai propri cittadini, a seconda che il servizio venga pagato o meno.
- Stazioni di servizio: potrebbero offrire un nuovo servizio di ricarica agli utenti in possesso di un veicolo elettrico. Nelle stazioni di servizio si utilizzerà una ricarica molto breve nel tempo e quindi ad elevata potenza, ricariche “fast” o “ultra fast” (spesso in corrente continua) da 45/50 kW fino ad arrivare a 125 kW. Tali postazioni sono necessarie per chi ha bisogno di un rifornimento veloce ed intenso o per chi ha esigenze di ricarica non previste.



Figura 3.2: possibili realtà e scenari della mobilità elettrica secondo DriWe, fonte DriWe

3.3 DESCRIZIONE COLONNINE DI RICARICA DRIWE

3.3.1 DRIWE MINICOMPACT

DriWe MiniCompact si propone come un ideale *charge point* per un utilizzo domestico e privato, adatto per ogni tipo di EV, scooter o bicicletta, senza avere la necessità di una connessione di rete separata. Si distingue per la sua facilità d'uso, caratterizzata da pochi ma essenziali componenti che la rendono compatta (190*179*90 mm), versatile e adatta alle soluzioni dove si ha poco spazio a disposizione per l'installazione (box auto, garage). Risulta così essere uno strumento ottimale per la ricarica di veicoli elettrici privati, avendo un costo contenuto e potendo essere posizionata a parete o su palo di sostegno grazie alle sue ridotte dimensioni. A tale *charge point* sarà abbinato un cavo (appositamente cablato) con relativo connettore finale per poter ricaricare il veicolo, infatti esso non presenta *socket* per l'inserimento di una spina. La DriWe MiniCompact è molto semplice e maneggevole, offre un'elevata sicurezza ed affidabilità, attraverso un indice di protezione IP67. Esternamente dispone di un piccolo display per il conteggio dei kWh erogati e un LED a colori indica lo stato di funzionamento e di carica del processo. Tale dispositivo permette una capacità di ricarica fino 3,7 kW in AC e garantisce la carica di un solo veicolo in Mode 3 - Type 2 (Mennekes), in quanto dotata di un'unica presa, con lunghezza cavo variabile a seconda delle esigenze ma non superiore a 4 metri. Questo *charge point* non ha bisogno di tessere per l'autorizzazione di inizializzazione della ricarica perché si attiva nel momento in cui si inserisce la presa sull' EV.

3.3.2 DRIWE WALLBOX

DriWe Wallbox si propone come un sistema innovativo, pratico ed interoperabile rendendo questa stazione un punto di riferimento sia a livello privato che aziendale e commerciale. Copre infatti un elevato range di capacità di ricarica, partendo dai consueti 3,7 kW per finire ai 22 kW. Offre la possibilità di ricaricare il veicolo elettrico tramite una singola presa di ricarica con Mode 3- Type 2 oppure tramite connettore precedentemente incorporato con lunghezza cavo pari a 4 o 8 metri a seconda delle esigenze. Oltre ad avere la possibilità di essere sempre connessa a management per rilevare posizione, errori e funzionalità, è integrata con sistema GPRS, con un ampio display a colori il quale consente di vedere lo stato di avanzamento della ricarica (potenza ed energia erogate), i relativi messaggi comunicati dalla colonnina e gli eventuali errori. E' dotata di un lettore integrato RFID che consente l'attivazione della ricarica tramite card DriWe. Robusta e sicura nei confronti di atti vandalici con indice di protezione IP54, e le relative dimensioni (370*240*130 mm) ridotte, consentono alla DriWe wallbox di essere un ottimo compromesso sia per installazione a muro nel box auto sia al di fuori di esso per mezzo di un palo di sostegno robusto e resistente. Può interfacciarsi a sistemi di pagamento da remoto tramite app o coupon ed essere avviata ed arrestata semplicemente seguendo alcune operazioni.

3.3.3 DRIWE CHARGER

DriWe Charger è la soluzione di ricarica più avanzata della gamma DriWe. Consente la massima flessibilità di ricarica poiché è in grado di erogare una potenza che va dai 3,7 kW ai 22 kW. Grazie alla presenza della doppia presa e ad un sistema di *load balancing* è possibile la ricarica di due veicoli contemporaneamente, tramite ricarica in Mode 3- Type 2. Resistente agli atti vandalici ed estremamente robusta consente, ha a disposizione un indice di protezione IP54 quindi adatta all'installazione in aree aperte a terzi. Ha dimensioni (590*338*230 mm) più abbondanti rispetto alle altre due *charges point* e presenta un display di comunicazione più ampio che fornisce al cliente migliore visibilità per le informazioni rilasciate e gestite dalla colonnina. Anch'essa è dotata di un proprio sostegno (definito "base colonna") progettato ed ideato da DriWe, con tanto di marchiatura CE, per le installazioni dove si vuole avere più sicurezza. In questa colonnina la ricarica può essere attivata tramite card grazie ad un apposito lettore RFID situato al di sotto dello schermo oppure tramite app o da management.

Nella seguente tabella riporto l'immagine delle colonnine descritte precedentemente con la relativa componentistica principale. In Appendice A inserisco la descrizione e le relative proprietà, protezioni ed elementi.


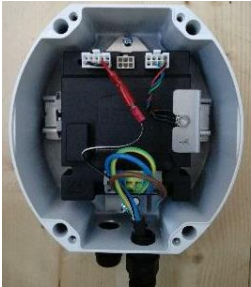




Charge point	Vista frontale	Vista interna	Componentistica principale
<p>DriWe Mini compact</p>			<ul style="list-style-type: none"> -Numero identificativo -Morsettiera -Contatore elettrico
<p>DriWe Wallbox</p>			<ul style="list-style-type: none"> -Numero identificativo -Display -Lettore RFID -Socket -Morsettiera -Contatore elettrico
<p>DriWe Charge</p>			<ul style="list-style-type: none"> -Numero identificativo -Display -Lettore RFID -Socket -Morsettiera -Interruttore differenziale -Contatore elettrico -Sezionatore

Tabella 3.1. Colonnine DriWe

3.4 TIPOLOGIE E MODI DI RICARICA

Il settore della mobilità elettrica è in forte espansione e le aziende concorrono tra di loro per imporre nuovi standard tecnologici sul mercato e garantire un'uniforme vendita del prodotto nei vari paesi in modo da evitare al consumatore di doversi munire di diverse apparecchiature da utilizzare a seconda della colonnina di carica.

Attualmente sono disponibili quattro modi di carica, ognuno diverso dall'altro a seconda del tipo di corrente massima erogata dalla colonnina, della tensione massima dall'equipaggiamento di alimentazione dell'EV (EVSE) quali "conduttori, compresi i conduttori di fase, di neutro e di messa a terra di protezione, i dispositivi di accoppiamento all'EV, le spine di collegamento e ogni altro accessorio, dispositivo, presa di potenza o apparecchiatura, installati specificamente allo scopo di erogare energia all'EV dal cablaggio degli ambienti e di consentire la comunicazione tra essi, se prescritto" e dal sistema di comunicazione tra stazione di ricarica e veicolo, o anche detto controllo pilota, "un conduttore di controllo nel cavo di alimentazione che collega la scatola di controllo posta sul cavo o nella parte fissa dell'EVSE, e la terra dell'EV attraverso il circuito di controllo sul veicolo. Può essere utilizzato per svolgere funzioni diversi" [22]

Caratteristica fondamentale per ogni tipologia di ricarica è la sicurezza, infatti "tutti i punti di connessione destinati alla ricarica dei veicoli, ad eccezione di quelli protetti mediante separazione elettrica con trasformatore di isolamento secondo la CEI 64-8-7-722, devono essere protetti individualmente con idoneo interruttore differenziale, avente corrente differenziale di intervento non superiore a 30 ma. Nel caso di alimentazione trifase dal 1/09/2013 è obbligatoria l'adozione di misure di protezione sensibili alle correnti continue di guasto a terra quali gli interruttori differenziali di tipo B, che possono essere inclusi nella stazione di ricarica oppure in un quadro elettrico a monte del punto di ricarica". [23]

3.4.1 MODE 1

Il caricamento della modalità 1 riguarda il collegamento dell'EV alla rete di alimentazione AC usando spine o prese di corrente standard non superiori a 16 A e non eccedente a 250 V monofase o 480 V trifase sul lato dell'alimentazione.

In alcuni Paesi come gli USA, la modalità di ricarica 1 è vietata dalle norme nazionali perché la sicurezza in questo caso è data solo dall'impianto e in molte case domestiche americane la messa a

terra non è presente. In Italia invece tale modo di ricarica è consentito solamente in ambienti strettamente privati, a cui può accedervi esclusivamente il proprietario e non persone terze.

Tale modalità di ricarica risulta essere di facile implementazione ma deve essere comunque conforme alle severe norme di sicurezza. A fronte di ciò sarà quindi necessario sia un dispositivo di corrente residua (RCD), anche chiamato interruttore differenziale, il quale può interrompere il flusso di corrente in caso di guasti, sia un dispositivo di protezione da sovracorrenti.

A questa tipologia di ricarica vengono spesso associate le normali prese di corrente di tipo domestico a 10 A (ad esempio schuko) oppure le prese di tipo industriale Type 3A, essendo utilizzate per ricariche lente di scooter e quadricicli leggeri.

- **Schuko:** connettore caratterizzata da:
 - 2 contatti di potenza: L1, L2
 - 1 contatto di neutro: N
 - Tensione massima: 250 V in AC
 - Corrente massima: 16 A
- **Type 3A, industriale:** tale connettore, utilizzato specialmente per la ricarica di veicoli leggeri quali scooter e quadricicli, è provvisto di 4 contatti, suddivisi in
 - 3 contatti di potenza: L1, N, PE
 - 1 contatto di comunicazione tra veicolo e stazione anche detto controllo pilota: CP
 - Tensione massima: 250 V in AC
 - Corrente massima: 16 A
 - Grado di protezione: IPXXB


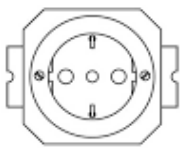

Modo di ricarica 1	Prese	
	Schuko	
	Type 3A	

Tabella 3.2: valida per il caso del Mode 1

3.4.2 MODE 2

La modalità di ricarica 2 riguarda il collegamento del veicolo elettrico interconnesso alla rete in AC tramite dispositivi supportanti una corrente a 32 A e non eccedente ad una tensione di 250 V monofase o 480 V trifase. Si può utilizzare un sistema presa-spina standardizzato e normalizzato come ad esempio la presa Type 1 o la presa industriale di tipo 3A.

Inoltre, in questo caso, devono essere interposti diversi meccanismi di controllo, utilizzando i conduttori di protezione e di fase, con funzione pilota e di controllo e un sistema di protezione RCD contro le possibili scosse elettriche tra il veicolo e la spina. Il dispositivo di controllo aggiuntivo (ICCB *in cable control box*) deve essere collocato sul cavo di connessione e posto a non più di 0,3 m dalla spina, garantendo la sicurezza delle varie operazioni durante la sessione di ricarica.

Questa modalità di ricarica si adatta bene a quelle di tipo casalingo o a quelle occasionali e di emergenza. Detto questo, si possono associare le prese di tipo 1 e la presa di tipo 3A.

- **Type 1, Yazaki**, utilizzato per lo più in Giappone e negli USA, è provvisto di 5 contatti, suddivisi in:
 - 3 contatti di potenza: L1, N, PE
 - 2 contatti di comunicazione e controllo (contatto pilota e *proximity*): CP, PP
 - Tensione massima: 250 V in AC
 - Corrente massima: 32 A
 - Grado di protezione: IPXXB
- **Type 3A, industriale**: tale connettore, utilizzato specialmente per la ricarica di veicoli leggeri quali scooter e quadricicli, è provvisto di 4 contatti, suddivisi in
 - 3 contatti di potenza: L1, N, PE
 - 1 contatto di comunicazione: CP
 - Tensione massima: 250 V in AC
 - Corrente massima: 16 A
 - Grado di protezione: IPXXD

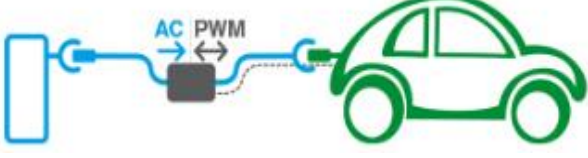


Modo di ricarica 2	Prese	
	Type 1	
	Type 3A	

Tabella 3.3: valida per il caso del Mode 2

3.4.3 MODE 3

Il modo di ricarica 3 consiste nella connessione del veicolo con la rete elettrica in AC, che sia essa in monofase o in trifase, attraverso apparecchiature di alimentazione dedicate.

Secondo la normativa internazionale CEI EN 61851-1, le stazioni di ricarica devono garantire elevata sicurezza e protezione in quanto aperte a terzi, ecco perché si utilizza un circuito con connettore avente presa e spina dedicate, e un contatto pilota facente da controllo fra il veicolo elettrico e la stazione di ricarica con riferimento al mode 3.

Tramite l'EVSE (*electric vehicle supply equipment*) si aumenta il livello di sicurezza e si consente una comunicazione bidirezionale fra auto e colonnina in modo che la corrente erogata da quest'ultima sia sopportata dal connettore stesso e dal veicolo. La ricarica può venire eseguita a 230/400 V utilizzando stazioni di ricarica e connettori specifici che supportino il passaggio di una corrente a 63 A. Grazie questa modalità è possibile la connessione con uno o più apparecchi a seconda della potenza disponibile a monte.

Sono associate le prese Type 2 e Type 3C (anche se ormai risulta essere in disuso nelle nuove *charge point*), adatte sia contatti per potenza, di terra, di neutro sia per contatti aggiuntivi per il controllo e la comunicazione.

- **Type 3C:** avente a disposizione 7 pin:
 - 5 contatti di potenza: L1, L2, L3, N, PE
 - 2 contatti di comunicazione e controllo (contatto pilota e proximity): CP, PP
 - Tensione massima: 250 V monofase, 500 V trifase in AC

- Corrente massima: 32 A
- Grado di protezione: IPXXD
- **Type 2, Mennekes:** molto sfruttato nei Paesi europei per soddisfare le esigenze di ricarica tramite *charge point*, diventando secondo ACEA (Associazione Costruttori Europei di Autoveicoli) la presa standard di riferimento per i nuovi veicoli elettrici. Strutturato tramite 7 pin:
 - 5 contatti di potenza: L1, L2, L3, N, PE
 - 2 contatti di comunicazione e controllo (contatto pilota e proximity): CP, PP
 - Tensione massima: 250 V monofase, 500 V trifase in AC
 - Corrente massima: 63 A
 - Grado di protezione: IPXXB




Modo di ricarica 3	Prese	
	Type 3C	
	Type 2	

Tabella 3.4: valida per il caso del Mode 3

3.4.4 MODE 4

Il Mode 4 risulta essere il caso più diverso fra le varie tipologie in quanto interpone la connessione dell'EV con la rete in corrente continua. Si utilizzeranno in questo caso colonnine capaci di convertire la corrente alternata della rete elettrica in DC, che eviteranno di installare il raddrizzatore a bordo auto, riducendo così il veicolo di peso e ingombro. Si avrà a discapito un'elevata gamma di spine e sensori di controllo appartenenti alla stazione di ricarica dovuta al fatto che il carica batterie risulta esterno alla vettura e cablato direttamente con la *charge point* e per questo il motivo il loro costo risulta elevato. Il mode 4 rappresenta un modo di ricarica "fast" ed "ultraveloce" imponendo potenze che vanno dai 40 kW ai 125kW.

I connettori utilizzati in questo caso sono CCS (*Combined Charging System* o Combo2) e CHAdeMO (*Charge de move*):

- **CCS:** presa standard europea per la ricarica ultraveloce. Tale connettore è composto da: una presa AC Type2 (per quello il nome Combo2) con una porzione per la ricarica DC. In questo modo il connettore consente la ricarica sia in corrente alternata sia in corrente continua. Dotata di 9 pin:
 - 7 contatti di potenza;
 - 2 contatti di comunicazione e controllo
 - Tensione massima: 850 V in DC
 - Corrente massima: 200 A
- **CHAdeMO:** presa standard di carica fast più diffusa al mondo, ideata in Giappone. 8 pin disponibili:
 - 2 contatti di potenza;
 - 1 contatto di messa a terra
 - 5 contatti ausiliari
 - Tensione massima: 600 V in DC
 - Corrente massima: 200 A


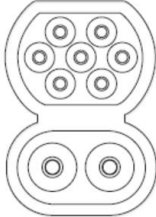

Modo di ricarica 4	Prese	
	CCS	
	CHAdeMO	

Tabella 3.5: valida per il caso del Mode 4

3.4.5 TIPOLOGIE DI CONNESSIONE PER EV

Dopo aver esposto i vari tipi di carica possibili, cerchiamo di analizzare le tre differenti tipologie di connessione predilette dal veicolo elettrico tramite cavi e spine. Innanzitutto, possono essere di 3 tipi:

- **Tipo A:** permette la connessione del veicolo verso la rete di alimentazione in corrente alternata utilizzando un cavo ed una spina fissati in modo permanente con la vettura elettrica. Tale tipologia consente la connessione tramite una presa domestica, industriale o tramite una specifica stazione di ricarica;
- **Tipo B:** in questo caso si utilizza una connessione tra veicolo e rete di alimentazione in CA tramite un cavo di alimentazione staccabile dal veicolo in quanto dotato di spina e connettore mobile. Per questa tipologia si può adottare una connessione con collegamento a muro o sempre tramite l'uso di una stazione di ricarica consona;
- **Tipo C:** terza e ultima tipologia di connessione (adottabile anche per la carica con Mode 4) si utilizza un cavo e un connettore mobile direttamente e permanentemente fissati alla stazione di ricarica;

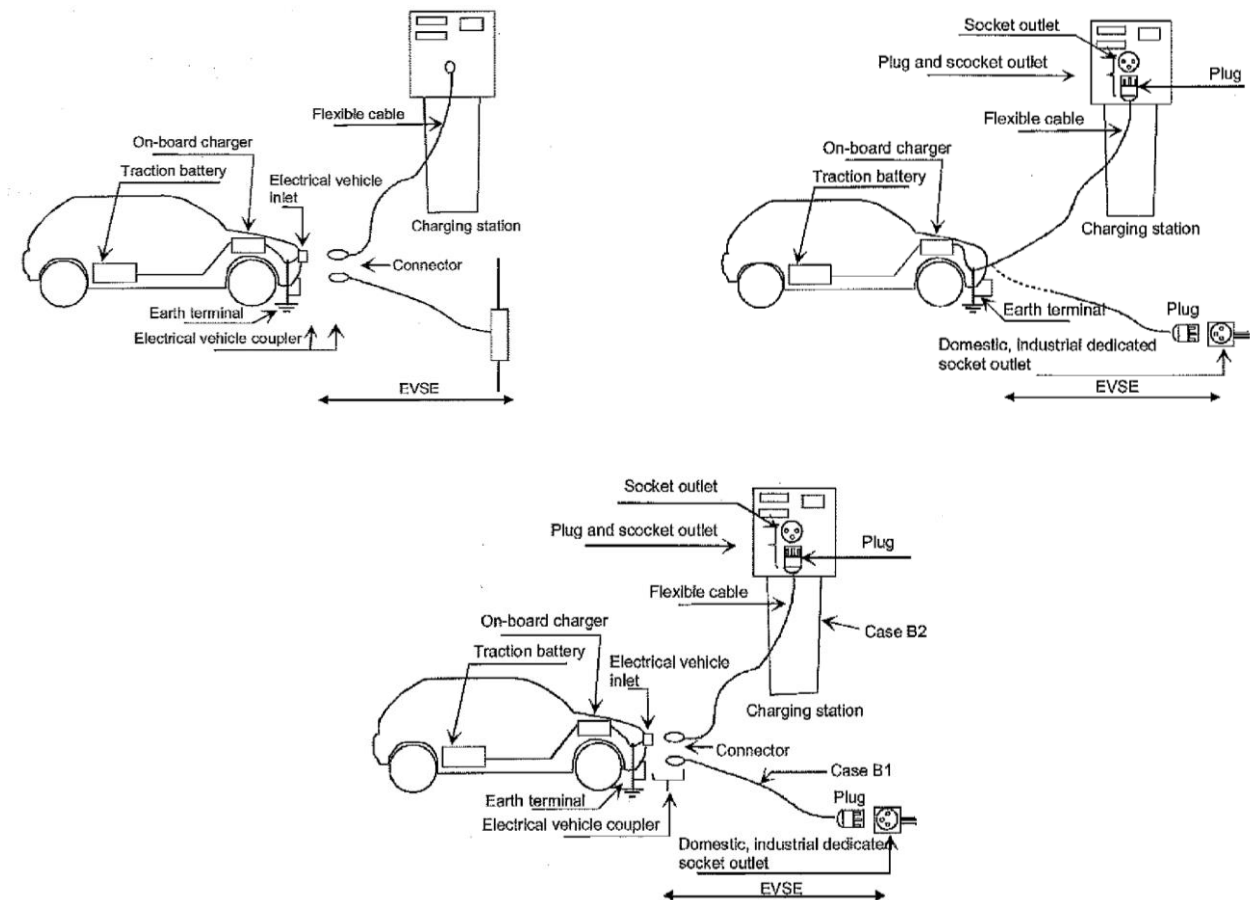


Figura 3.3: tipologie di ricarica EV, A, B, C; fonte: normativa IEC 61851-1

3.5 TEMPI DI RICARICA

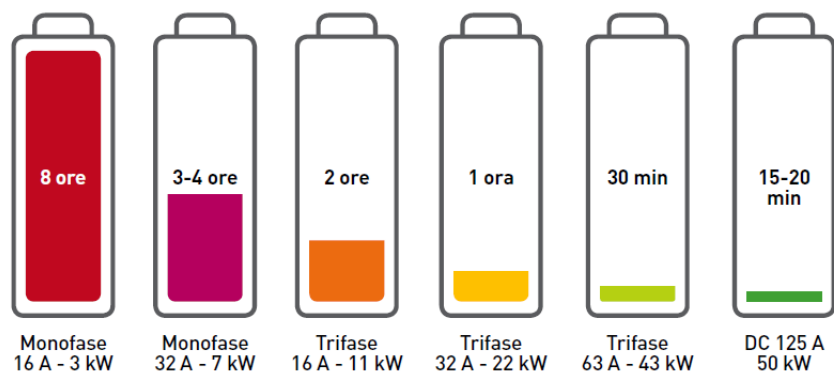


Figura 3.4: tempi di ricarica per batteria da 25 kWh;
fonte: e...muoviti! Mobilità elettrica a sistema

Possiamo vedere dalla figura riportata poco sopra, i relativi tempi di ricarica per una EV da 25 kWh. Abbiamo preso tale riferimento perché la maggior parte delle batterie per i veicoli elettrici ha una capacità che si aggira attorno ai 15-40 kWh. Questo si traduce in maggior autonomia e più chilometri percorribili con una sola sessione di ricarica, diminuendo così lo stato di *range anxiety* che avevano le persone all'introduzione dei primi veicoli elettrici. Si possono riscontrare diverse tempistiche di ricarica, a seconda del modo e delle caratteristiche con cui si effettua una ricarica, in media infatti avremo:

- AC: a seconda se la ricarica avviene in monofase o trifase:
 - Monofase (230 V): Corrente a 16 A \rightarrow 3,7 kW \rightarrow \approx 7 h
Corrente a 32 A \rightarrow 7,4 kW \rightarrow \approx 4 h
 - Trifase (400 V): Corrente a 16 A \rightarrow 11 kW \rightarrow \approx 2/3 h
Corrente a 32 A \rightarrow 22 kW \rightarrow \approx 1 h
Corrente a 63 A \rightarrow 43 kW \rightarrow \approx 30/40 minuti
- DC (400 V): Corrente a 125 A \rightarrow 50 kW \rightarrow \approx 20 minuti

Definiamo inoltre:

- ricarica “**lenta**” o “*slow charging*” la ricarica effettuata fino a 7,4 kW;
- ricarica “**accelerata**” o “*quick charging*” dai 7,4 kW ai 22 kW;
- ricarica “**veloce**” o “*fast charging*” dai 22kW ai 43 kW in AC, o dai 44 kW ai 50 kW in DC;
- ricarica “**ultra veloce**” o “*very fast charging*” quella maggiore a 50 kW in DC;

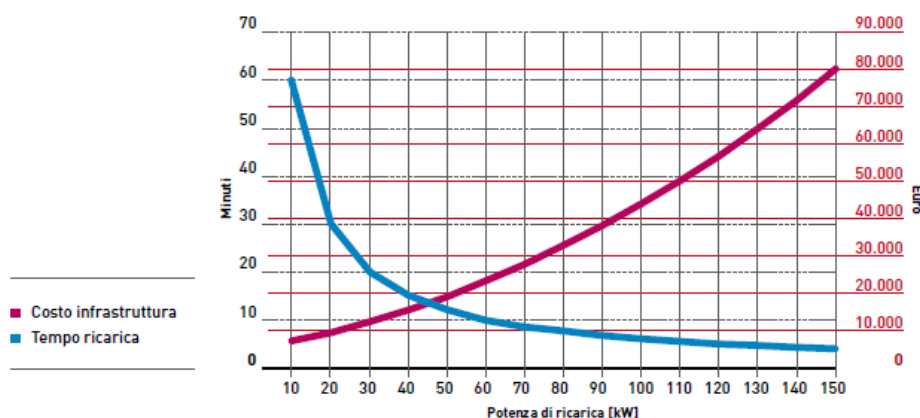


Figura 3.5: Costi (indicativi) infrastruttura in DC in funzione del tempo di ricarica e della potenza;
 fonte: e...muoviti! Mobilità elettrica a sistema

Come si può notare dalla figura, la spesa per una colonnina di ricarica in corrente continua risulta essere molto variabile in base al tempo in cui si vuole ricaricare il veicolo. Al momento il punto con intersezione delle curve più basso, quello cioè che soddisfa sia il costo d'installazione del sistema sia il tempo impiegato per ricaricare un mezzo si aggira intorno ai 50 kW. Tramite economie di scala si pensa, in un futuro prossimo, di raggiungere un miglioramento tecnologico che comporti la riduzione del TCO dell'infrastruttura consentendo così l'aumento delle potenze ed una riduzione ancora maggiore del tempo di ricarica.

3.6 MODALITA' DI PAGAMENTO DELLE RICARICHE EFFETTUATE

Oggi grazie allo sviluppo della rete internet, possiamo raggiungere facilmente ad esempio un albergo, un hotel, un ristorante o un luogo di cui non conosciamo la precisa posizione semplicemente utilizzando smartphone, pc, o tablet. Chi di noi non ha mai utilizzato un navigatore per arrivare al luogo di destinazione? Ebbene, anche per le colonnine di ricarica e le *charge point* DriWe esistono svariate app o siti di interesse che comunicano la precisa geolocalizzazione della struttura, consentendo così una rapida visuale del punto di ricarica più vicino a noi, mettendo in luce la relativa disponibilità, o se risulta essere prenotata, occupata o pianificata.

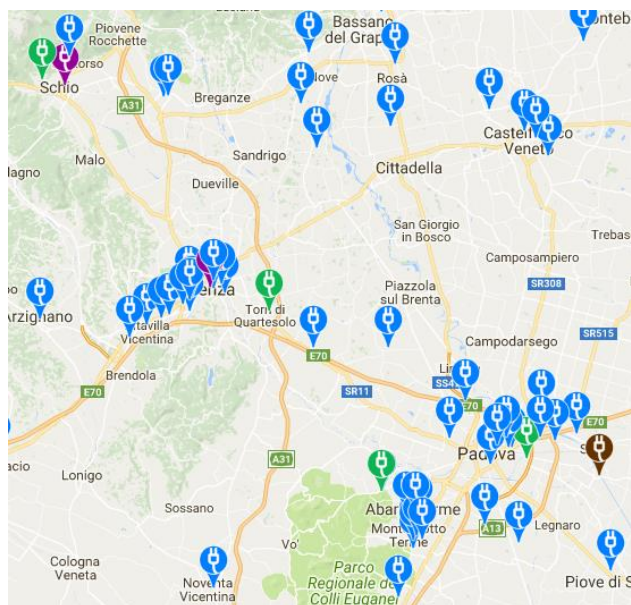


Figura 3.6: Visualizzazione colonnine di ricarica tramite App Nextcharge

3.6.1 COME FUNZIONA UNA RICARICA

La fase di ricarica tramite *charge point* DriWe, funziona secondo alcuni semplici e prestabiliti passaggi:

1. Collegare il cavo alla vettura e al socket della stazione di ricarica (sempre se il cavo non è già cablato con essa), assicurandosi che l'inserimento sia corretto;
2. Avvicinare la card DriWe nell'apposito segnale di identificazione RFID per qualche secondo, e attendere il segnale acustico della colonnina, che significa che la card è stata accettata, altrimenti attivarla tramite app;
3. Attendere l'accensione di un led che indica il corretto collegamento fra *charge point* e veicolo, e l'inizio della ricarica della vettura. Per tutta la durata apparirà nel display della colonnina il valore di potenza e di energia assorbiti dalla macchina;
4. Per terminare la ricarica e consentire lo sblocco del cavo accostare la card precedentemente utilizzata per l'avvio nell'apposito segnale per qualche secondo, ci sarà un relativo bip acustico. Appariranno sullo schermo i kWh erogati dalla colonnina;
5. Estrarre il cavo dalla colonnina e dalla vettura, posizionandolo con cura all'interno di quest'ultima o, nel caso fosse fisso alla charge point riponendolo nella relativa staffa di supporto;

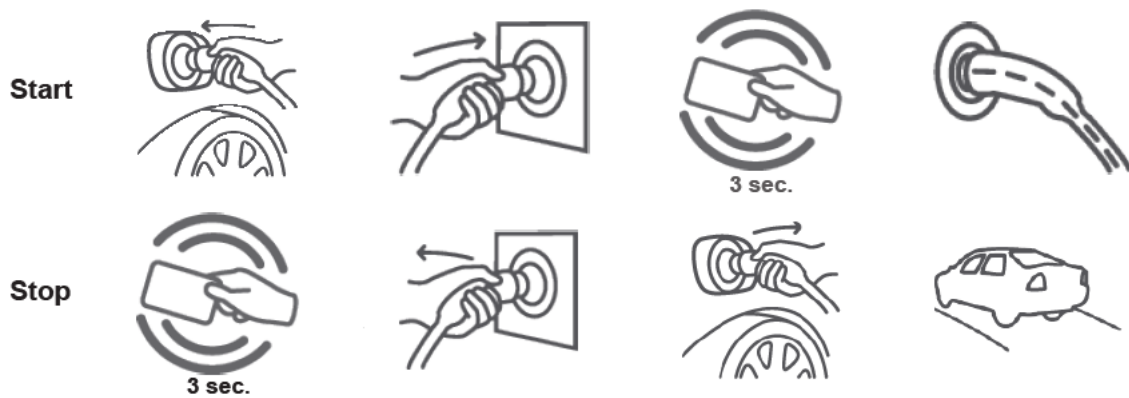


Figura 3.7: fasi da effettuare durante una ricarica, fonte ICU

3.6.2 TIPOLOGIE DI STAZIONE E METODI DI PAGAMENTO

Dalle relative app o siti possiamo anche distinguere se le stazioni di ricarica sono ad accesso libero o ad accesso privato. Le prime, di facile utilizzo e controllo, sono ideali per i parcheggi privati o per chi non ha bisogno di avere un sistema di monitoraggio riguardante l'utilizzo dell'infrastruttura e permette a qualsiasi utente di ricaricare il proprio mezzo collegandolo liberamente al *socket* disponibile. Quelle ad accesso privato invece sono stazioni, solitamente installate in luoghi aperti a terzi, il cui accesso è riservato solo al proprietario, ai clienti (se ci riferiamo ad hotel o ristoranti) o agli addetti autorizzati. Infatti per essere abilitati alla ricarica è necessario disporre di uno dei seguenti dispositivi:

- **Chiave ON/OFF:** Questa soluzione è consigliata se la stazione di ricarica è aperta a terzi, essendo condivisa da più utility o se il proprietario vuole impedirne l'utilizzo. Per attivare la stazione è necessario disporre di una chiave accensione/spegnimento che regola il flusso erogato di energia dalla colonnina al veicolo;
- **Card RFID:** E' un dispositivo pre-registrato e dato in dotazione da parte dell'azienda venditrice a chi gestisce la struttura di ricarica. Permette di attivare la carica semplicemente avvicinandolo all'apposito segnale dedicato all'area d'identificazione;
- **App:** alcune aziende azionano ed interrompono la carica via app tramite smartphone (previa registrazione dell'utente);

Sarà libera discrezione del proprietario della *charge point* decidere se far pagare una somma di denaro o meno a chi effettua la ricarica. Nel caso si volesse far pagare la carica del pacco batterie all'utente, esistono molteplici modalità di accesso che prevedono la retribuzione dell'energia impiegata per la ricarica.

La tariffa può essere determinata dal proprietario in base al tempo di utilizzo della stazione, alla velocità di ricarica e all'energia (kWh) assorbita dalla vettura. Riporto di seguito alcune modalità di pagamento:

- Monete o gettoni;
- Bancomat o carta di credito;
- Coupon o tessere di ricarica;

DriWe a tal proposito utilizza un sistema di ricarica con pagamento tramite bancomat, carta di credito o coupon, proprio per allinearsi alle tipologie maggiormente utilizzate dai Paesi del nord. Inoltre tale soluzione sembra ridurre gli attacchi vandalici rivolti alle colonnine, da parte di malintenzionati e scassinatori in cerca di “bottini” facili spesso le strutture di ricarica non hanno apposite videosorveglianze esterne.

3.7 COSTO COLONNINE

Il costo delle colonnine dipende molto dalla loro capacità di erogazione, e quindi dal tempo di ricarica: più veloce sarà la ricarica maggiore risulta essere il costo della colonnina. Questo è dovuto ad una serie di controlli, componentistiche elettromeccaniche, al sistema di protezione adottato, alle prese, connettori e alla struttura esterna (case) della charge point.

Mettiamo ora in luce alcuni aspetti economici riguardanti i costi di progettazione per una colonnina “*slow charging*”, prendendo come riferimento la Driwe Wallbox a 1 x 3,7 kW, colonnina di ricarica intelligente, molto affidabile e soluzione top di gamma nel mercato dell’*e-mobility*. La scelta è ricaduta su tale *charge point* perché sviluppando poi nei prossimi capitoli uno studio mirato sulle colonnine di ricarica in monofase, per lo più riguardanti abitazioni residenziali, piccoli negozi, ristoranti e postazioni di lavoro, le quali non hanno a monte disponibilità troppo elevate di potenza, mi è sembrato un giusto compromesso tra spesa per l’acquisto, ingombri e funzionalità.

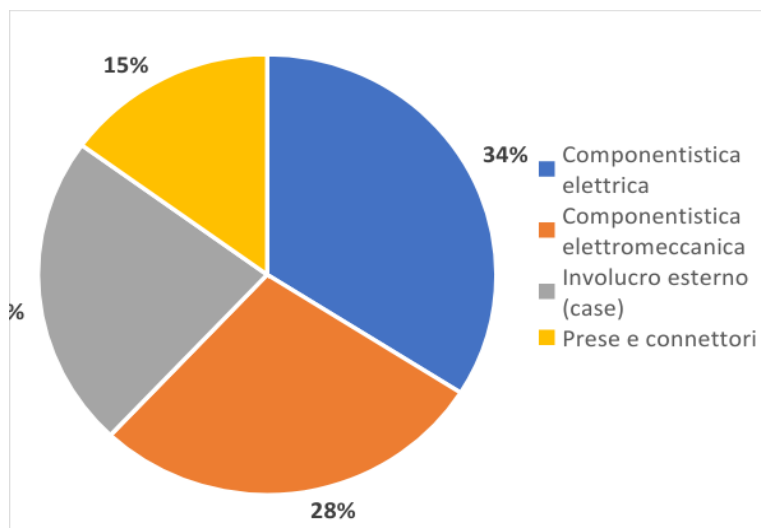


Figura 3.8: costo componentistica DriWe Wallbox da 3,7 kW

Analizzata la struttura dei costi per la singola colonnina di ricarica mettiamo in relazione alcuni aspetti fondamentali ed economici per chi possiede un'auto elettrica e vorrebbe acquistare un *charge point* per la ricarica nella propria abitazione, o nel caso si volesse mettere a disposizione dei propri clienti. Il costo totale della colonnina più l'installazione risulta comunque essere una spesa non paragonabile con il costo di un singolo veicolo elettrico ma praticamente indispensabile per la vita quotidiana di tutti i giorni.

Avremo quindi più voci di costo:

- DriWe Wallbox: il costo per tale colonnina varia a seconda delle funzionalità previste e ricopre la maggior parte del costo totale. Si aggira sugli 800 € IVA esclusa;
- Servizi di messa in opera: comprendono l'installazione da parte di elettricisti o addetti specializzati del cablaggio tra la rete elettrica e la colonnina, il montaggio della wallbox a muro o nell'apposito palo di sostegno, la connessione al sistema e se necessario comprende anche i costi di allacciamento alla rete elettrica;
- Manutenzione annuale: sono costi veramente ridotti, salvo guasti improvvisi o danneggiamenti da parte di terzi;

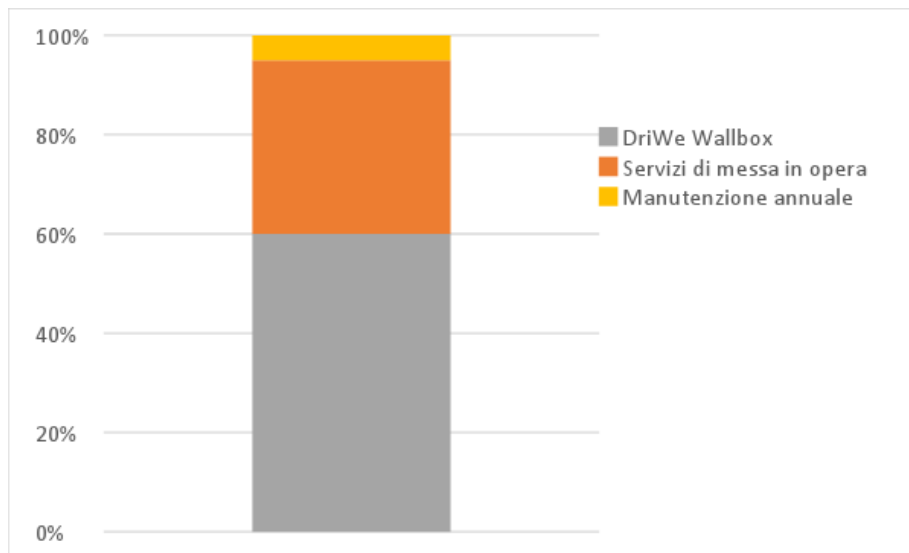


Figura 3.9: costo installazione DriWe Wallbox da 3,7 kW

4- Controllo dinamico dei carichi

Ci siamo imbattuti in un problema relativamente grande, di tutti i giorni, pensato per le famiglie o per i piccoli ristoranti, negozi e attività commerciali che vogliono comunque offrire un servizio maggiorato ai loro clienti e portare in questo modo ad un beneficio strutturale. Le famiglie sono il punto di forza di tale implementazione, in quanto le colonnine di ricarica saranno elemento fondamentale su tutte le case. Ogni auto sarà dotata di una propria colonnina di ricarica, DriWe come startup si è prodigata per questo, inventando soluzioni alla portata di tutti, offrendo un servizio volto al consolidamento del rapporto con l'utente finale, non come succede molto spesso con le grandi aziende, dove basta inviare una mail o fare una chiamata ed esse invieranno tutto ciò che si desidera. Ma sappiamo realmente cosa acquistiamo? Purtroppo, ancora oggi molte persone non sanno cosa comprano specialmente quando gli si vende un prodotto "complicato". Sotto questo punto di vista la mobilità elettrica risulta essere un fattore oscuro per il consumatore, dovendo ancora diventare parte integrante della realtà quotidiana e della comunità in generale. Spesso alla tv si vedono queste formidabili auto, tutte elettroniche, silenziose, belle esternamente ed internamente, dotate di tutti i confort possibili ed immaginari, ma quanti di noi sanno come realmente funziona una ricarica tramite l'utilizzo di una colonnina di ricarica? Leggo spesso sui blog o siti di interesse di persone che acquistano macchine strepitose da 40mila € o più, ma, non appena escono dal concessionario e si trovano di fronte al problema della prima ricarica della vettura si chiedono: "e ora che faccio?" oppure chiamano preoccupati il numero verde di servizio domandando come mai la loro EV, in 2 ore di ricarica presso una stazione la cui potenza massima è di 22 kW, non ha caricato completamente le batterie, ignari del fatto (probabilmente perché nessuno glielo ha spiegato) che il caricabatteria di loro dotazione può assorbire solamente 16 A e quindi 11 kW.

L'informazione e la conoscenza risultano ad oggi un punto fondamentale per aiutare il consumatore a stare al passo e destreggiarsi tra le innumerevoli innovazioni che vengono costantemente immesse nel mercato. E quale modo migliore per farlo se non quello di sfruttare i mezzi di comunicazione che permettono una facile e immediata interconnessione con l'utente finale?

L'interazione con il cliente e il continuo scambio di informazioni deve diventare parte fondamentale di questo processo affinché si arriverà al punto dove tutti sapremo, ad esempio, come si esegue una ricarica tramite un'auto elettrica. DriWe cerca quindi di essere parte integrante di questo tipo di supporto, non solo vendendo il prodotto, ma offrendo anche informazioni tecniche, competenze e requisiti a tutte le persone che vogliono entrare nell' "era del watt elettrico"

Entrando più nello specifico, con l'elaborato di questa tesi abbiamo voluto affrontare la ricerca della **fattibilità tecnologica, normativa ed economica** di soluzioni per il controllo dei carichi dinamici durante la sessione di ricarica dei veicoli elettrici. Il controllo dinamico della potenza dei carichi (**power management**), relativi ad un edificio monofase con l'aggiunta dell'uso di una colonnina Drive, può essere modulato in tempo reale, istantaneamente, in base alla quantità di energia disponibile a monte dell'impianto.

Tale controllo, può avvenire secondo le due seguenti modalità:

- 1- **Interposizione di uno smart device**, che assume il compito di valutare le priorità dei carichi e comunicare al *charge point* se e quanto erogare;
- 2- Senza device interposti aggiuntivi, ma **connettendo direttamente la comunicazione tra *charge point* e *smart meter*** di nuova generazione;

Abbiamo lavorato su due fronti separati essendo entrambe a livello applicativo soluzioni molto valide. Ci siamo preoccupati di raggiungere l'obiettivo e lo scopo della tesi tramite l'adozione e il perfezionamento del primo metodo descritto precedentemente. Il secondo risulta essere ancora in fase di sviluppo a causa di una difficoltà di reperimento dei nuovi *smart meter (open meter 2G)* di e-distribuzione, i quali hanno iniziato la campagna di sostituzione del contatore quest'anno, e durerà per 5 anni. Tramite l'Appendice B potremmo vedere la campagna di sostituzione dei *meter* fatta nel 2017 da e-distribuzione.

4.1 RICERCA DOMOTICA

Innanzitutto, abbiamo iniziato facendo una verifica dei sistemi di controllo delle diverse aziende dotate già di un possibile implemento di soluzione dei carichi dinamici. Abbiamo poi preso in considerazione le diverse componentistiche in dotazione sul mercato, guardando l'affidabilità, la funzionabilità, la trasmissione dei dati, ma soprattutto ci siamo soffermati sulla parte dei costi di tali dispositivi presenti nel mercato. Abbiamo ritenuto elemento fondamentale della scelta il prezzo del dispositivo, in quanto per un privato l'economicità dei prezzi ora come ora è di grande interesse. Si pensi che un *charge point* da un *socket* con capacità di erogazione pari a 3,7 kW di potenza oscilla intorno ad un prezzo che va dai 600 € ai 1300 € a seconda delle funzionalità e servizi che esso può svolgere, dal grado di protezione adottato sia a livello fisico che in termini di sicurezza elettrica. Sia

all'implementazione a livello software, e hardware. Aggiungere dunque ad un dispositivo da 200 € il costo dell'installazione, del montaggio, della logistica e del servizio fornito sembrava diventare troppo oneroso.

Dalla ricerca svolta sia in ambito Italiano che Europeo, emergono due diverse procedure, con la quale è possibile fare un controllo sulla regolazione dinamica:

- Abbinamento colonnina-sistema automatizzato (domotica) capace di monitorare costantemente i consumi, consentendo una riduzione/distacco controllato dei carichi utente, in modo da evitare sovraccarichi di corrente e conseguente blackout;

Tali apparecchiature vengono collegate al quadro elettrico, svolgendo un'azione di bilanciamento e controllo fra l'energia assorbita dalla rete, erogata dall'impianto fotovoltaico, richiesta dai normali carichi giornalieri e quella di possibile utilizzo per il *charge point*. Infatti, la velocità di ricarica dell'automobile viene modulata in base alla quantità di energia in eccesso disponibile.

- Esistono dispositivi capaci di inviare un **segnale 0-10V** al *charge point*, che in automatico regolano l'afflusso di corrente da auto-consumare per la ricarica dell'auto, senza acquistare energia dalla rete;

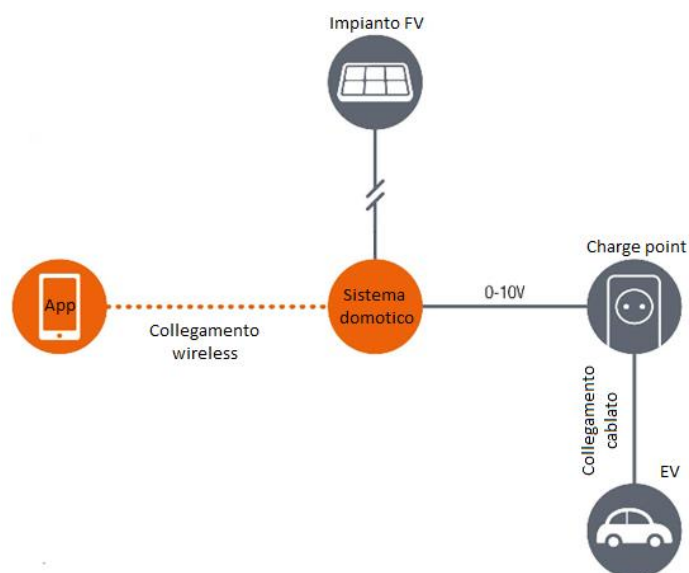


Figura 4.1: esempio di sistema domotica

- Oppure si può avere un'**interazione fra 2 energy meter**, che parlano in Modbus (protocollo di comunicazione seriale che consente la comunicazione fra diversi dispositivi connessi alla stessa rete). Il primo *energy meter* verrà posizionato a valle del contatore, e misura la potenza assorbita da ogni carico, facendone la sommatoria. Il secondo *energy meter*, posizionato sulla colonnina, riceve le informazioni dal primo tramite un'elettronica di controllo e si avrà un delta di potenza fra potenza contrattuale dell'utenza e sommatoria della potenza assorbita dei carichi e tale differenza sarà convogliata verso la stazione di ricarica;
- Esistono ulteriori tipologie e modelli di *smart wall box* che consentono di effettuare un *load management*. Abbiamo analizzato questa varietà seguendo un criterio ben preciso, ovvero se tali wall box siano o meno dotate del **protocollo di comunicazione OCPP** (protocollo applicativo per la comunicazione tra *charge point* e un sistema di gestione centrale), per facilitare il controllo della colonnina da remoto.

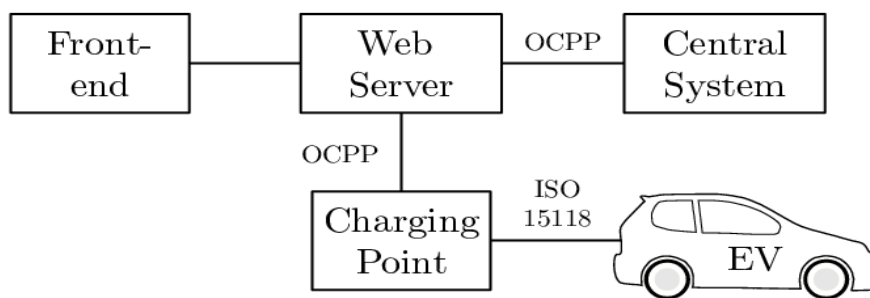


Figura 4.2: esempio sistema di comunicazione tramite OCPP

- Tramite il bilanciamento del carico dinamico, lo *smart device* controlla il processo di ricarica dell'auto elettrica. La comunicazione avviene per mezzo di connettore RS485, RJ11 (porta implementata nelle colonnine DriWe), USB o ethernet, a seconda del tipo di sistema e *charge point*. Tali dispositivi misurano la quantità di Ampere in assorbimento e regolano adeguatamente il punto di ricarica. Ogni calcolo e analisi vanno poi elaborati tramite un computer locale e i dati vengono poi inviati al *backoffice online*;

4.2 DISPOSITIVO VOLTAWARE ENERGY MONITOR

Siamo giunti così alla conclusione di adottare un dispositivo, chiamato Voltaware, il quale sulla vasta gamma di device in circolazione ha presentato caratteristiche a noi favorevoli:

- Utilizzo in monofase;
- Rapporto qualità/prezzo;
- Accesso ai consumi in tempo reale;
- Buona velocità di comunicazione;
- Possibilità tramite app di vedere consumi e dispositivi collegati;
- Non serve che sia connesso ad uno specifico indirizzo POD come per altri device;
- Comunicazione tramite Wi-fi;
- Ingombro ridotto;
- Costo basso: 36 €
- Consumo durante il funzionamento insignificante: 1,5W
- Disponibile in trifase per possibili applicazioni future;
- Integrabile tramite API Voltaware (aperta, non prevede alcun costo di accesso per il suo utilizzo);

Un API o *application programming interface* è l'interfaccia di programmazione di un'applicazione che consente ad un programmatore di riprendere il modello senza dover sempre riscrivere le funzioni da implementare nel programma.

```
{
  "real_power":5000,
  "last_off":"2016-03-31T15:25:06.397+01:00",
  "last_on":"2016-03-30T12:03:04.787+01:00",
  "live":false,
  "merged":false,
  "has_alerts":false,
  "applianceId":636,
  "key":"unknown",
  "name":"Appliance 15",
  "tag":null
},
```

Figura 4.3: Esempio API Voltaware; fonte Voltaware

Presenta certamente anche qualche difetto, ma come precedentemente accennato abbiamo dovuto fare delle scelte in base al budget a disposizione e per non dover gravare pesantemente sul costo da associare alle nostre colonnine:

- Non rileva la produzione del fotovoltaico;
- Installabile nella scatola dei fusibili;

Tale sensore, come detto poco fa, viene installato nella scatola dei fusibili ossia nel quadro generale della residenza, ed è autoalimentato tramite magneti; questo consente una riduzione dell'ingombro in quanto non servono batterie o cavi di alimentazione. Un esempio di componentistica e di installazione viene riportata nella figura 4.4.

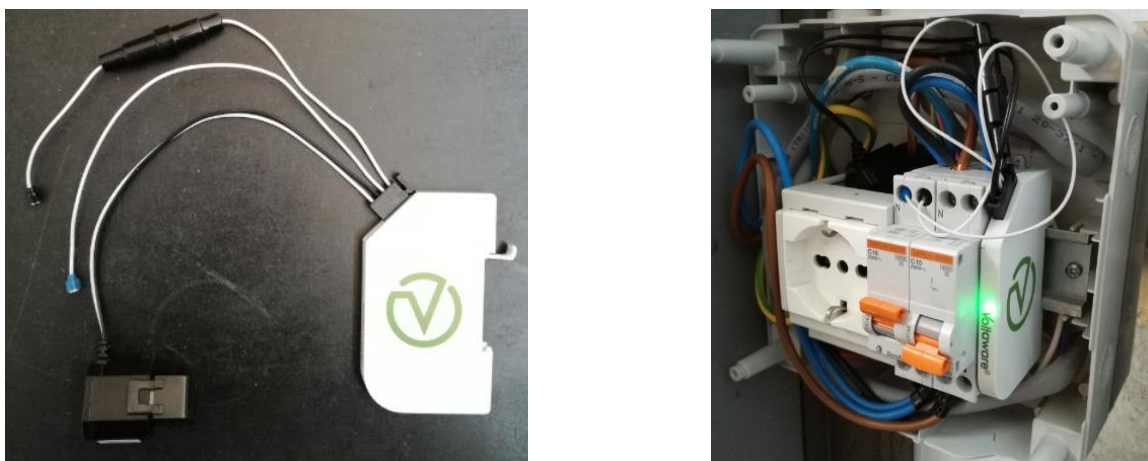


Figura 4.4: Componentistica ed esempio applicativo installazione Voltaware

Il sensore è dotato di un apposito led di comunicazione che nel corso dell'installazione evidenzierà 3 differenti fasi:

- Luce blu: il dispositivo è alimentato correttamente dalla rete elettrica;
- Luce gialla: il dispositivo è in cerca di una rete di connessione Wi-Fi o Internet;
- Luce verde: il dispositivo è in grado di trasmettere i dati perché connesso al Wi-Fi o Internet;

Tale apparecchio consente la misura della potenza istantanea assorbita dai carichi residenziali e quindi erogata dal contatore. Permette di individuare, tramite un proprio algoritmo, i vari elettrodomestici (ognuno di essi caratterizzato da una propria “firma” elettrica corrispondente all’impegno consumo) presenti all’interno dell’abitazione o del luogo di lavoro, ad esempio, stufette elettriche, ventilatori, macchine del caffè, boiler, lavastoviglie o qualsiasi strumentazione che assorbe sopra i 200W. Questi apparecchi verranno identificati come “Appliance”. Una volta montato correttamente tale device si

avrà una prima fase definita “*machine learning*”, dove esso impiegherà dai 5 ai 10 giorni (ricezione di 500 eventi di ON) per studiare ed apprendere le firme dei corrispettivi apparecchi elettrici utilizzati.

Una volta completata la sessione di *machine learning* in cui “il sensore ha appreso queste firme, sarai in grado di visualizzare un elenco delle *appliance* rilevate nella tua app. Il prossimo passo:

- Assegna un nome a ciascun dispositivo toccando il pulsante "Aggiungi appliance" sulla *dashboard*.
- Usa la nostra semplice procedura passo-passo per etichettare facilmente i tuoi elettrodomestici.
- Dopo aver aggiunto un'*appliance*, è possibile impostare avvisi per l'*appliance*.” [24]



Ciò permette di monitorare costantemente anche tramite app il consumo energetico della residenza dove il Voltaware risulta installato, capendo (anche da remoto) quali apparecchiature stanno funzionando in quel momento e quanto ognuna di esse stia consumando.

L'utilizzo di questa app consente infatti di inserire il costo imputato dal fornitore dell'energia elettrica, permettendo così di rilevare ogni qual si voglia la spesa in termini di kWh delle singole apparecchiature.

Si adotta in questo modo una maggiore consapevolezza nell'ambito domotico, vedendo quali utilizzatori sono “energivori” e quali a risparmio energetico e portando ad un migliore controllo dei consumi energetici quotidiani.

Figura 4.5: Esempio applicativo, fonte Voltaware

4.3 IMPLEMENTAZIONE CALCOLO

Abbiamo studiamo come fosse possibile arrivare ad una soluzione facile nel tempo, tramite l'uso basilare di alcune equazioni e alcune procedure che permettessero l'arrivo allo scopo desiderato, per un controllo dinamico dei carichi in ambiente monofase durante la sessione di ricarica di un EV.

Di seguito riportiamo una rappresentazione grafica a blocchi, del sistema utilizzato per descrivere il programma implementato che sarà descritto in parte nel prossimo paragrafo. Abbiamo voluto scegliere uno schema a blocchi il più chiaro possibile in modo da permettere una facile gestione e una semplice intuizione di esso da parte del lettore, mettendo in luce le esigenze essenziali.

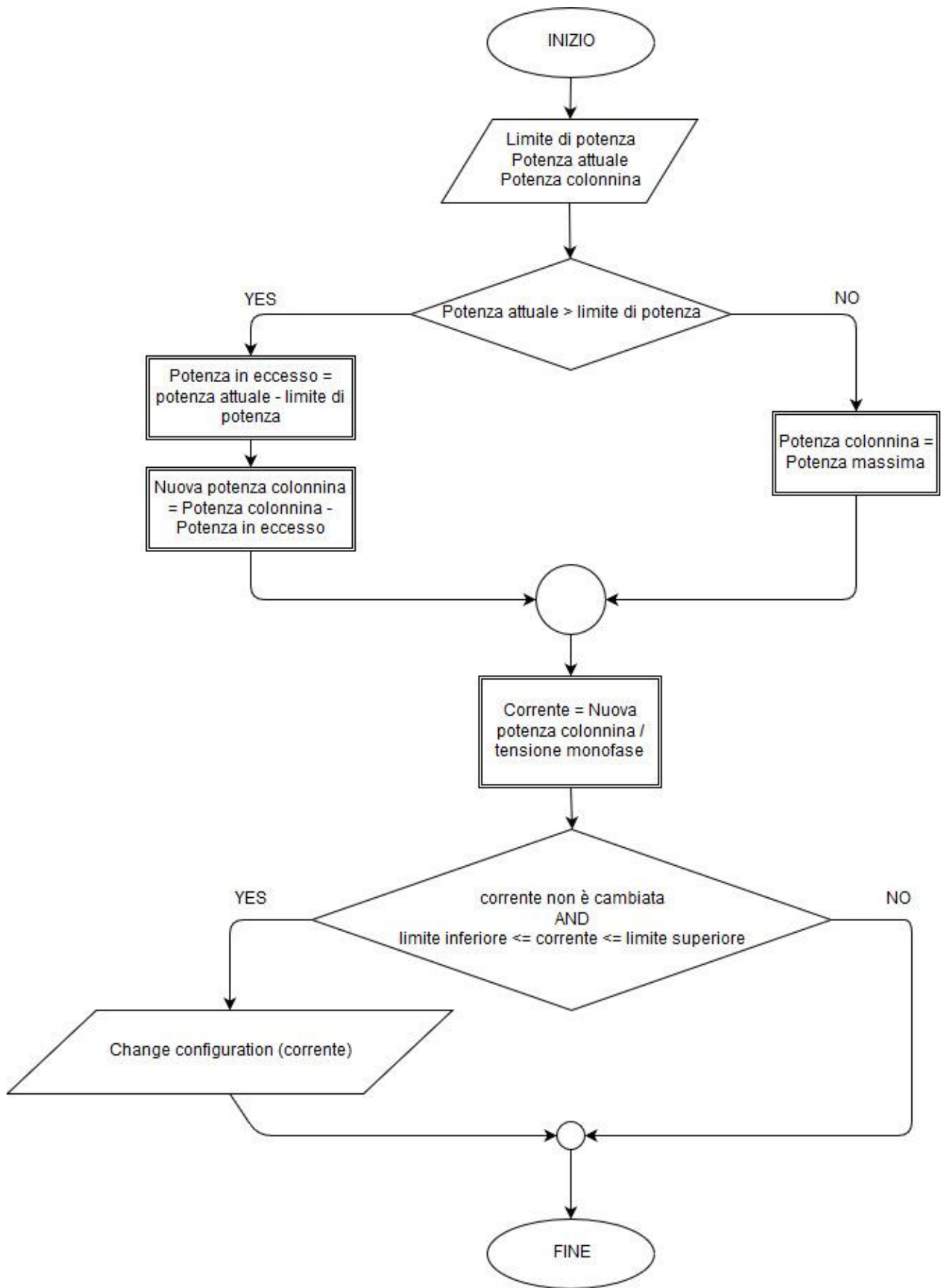


Figura 4.6: rappresentazione grafica del sistema adottato

4.4 STRUTTURA PROGRAMMA

Come accennato nel paragrafo 4.2 il dispositivo Voltaware *energy monitor* fornisce su richiesta le proprie API Rest; tale interfaccia di programma ci consente di stabilire una connessione tra Voltaware e colonnine di ricarica DriWe, passando per il server DriWe, attraverso l'implementazione di un programma scritto con un apposito linguaggio di programmazione, **Python**. Il linguaggio python viene adottato “per essere un linguaggio immediatamente intuibile. La sua sintassi è pulita e snella così come i suoi costrutti, decisamente chiari e non ambigui. I blocchi logici vengono costruiti semplicemente allineando le righe allo stesso modo, incrementando la leggibilità e l'uniformità del codice anche se vi lavorano diversi autori.” [25] Descriverò in seguito, molto rapidamente alcuni parametri del linguaggio python utilizzato:

- *From*: comando usato per la raccolta delle informazioni;
- *Import*: consente di importare una libreria esterna;
- *Def*: è la definizione del metodo intrapreso;
- *Float*: indica i numeri con il punto decimale ossia con la virgola;
- *Print*: consente la stampa e la memorizzazione di un valore;
- *If*: inizializza un ciclo;
- *Else*: altrimenti;
- *Round*: consente di arrotondare una cifra misurata;

Essenziale quindi avere una intercomunicazione tra 3 blocchi distinti:



Figura:4.7: distinzione blocchi utilizzati

Tutto questo può avvenire tramite una comunicazione tra il sistema centrale (server) e la colonnina, per mezzo di un apposito protocollo di comunicazione chiamato *open charge point protocol* (OCPP). Nelle colonnine DriWe viene implementato il protocollo 1,5. L'operazione di scambio dati e di comunicazione dovrà quindi essere autorizzata da entrambe le parti, che sia una o l'altra a richiederla, in questo modo si ha sempre una sicurezza che il segnale arrivi con conseguente risposta che sia essa

positiva o negativa. Il protocollo OCPP è dotato di una serie di operazioni che consentono per esempio di effettuare:

- Verifica di corretta connessione tra *charge point* e sistema centrale;
- L'avvio di una transazione tra EV e colonnina e l'interruzione di tale transazione in quanto per ogni ricarica di un veicolo viene associato ad esso un particolare codice (ID) identificativo così da evitare che soggetti terzi interrompano la ricarica in corso di un veicolo;
- Fare una diagnostica relativa alla colonnina, con conseguente rilevazioni di errori o guasti della stazione di ricarica, o vedere la durata di una sessione di ricarica e i kWh assorbiti;
- Aggiornamento del firmware della colonnina da remoto senza doverlo fare tramite un addetto fisico sul posto. Questo è un aspetto molto importante perché consente una riduzione dei costi, in quanto le colonnine DriWe sono sparse in tutta Italia e sarebbe un enorme dispendio mandare un delegato ad aggiornare il firmware delle varie *charges point*;
- Prenotazione della colonnina di ricarica;
- Riavvio della stazione di ricarica tramite un comando chiamato "*boot notification*";
- Apprendimento dei dati erogati dal punto di ricarica in un determinato momento;
- E molti altri;

La funzione più importante per raggiungere il nostro obiettivo, sarà l'impiego del comando "*Change Configuration*" ossia la modifica dei parametri di configurazione della stazione di ricarica, inizializzato dal nostro sistema centrale tramite un comando "*ChangeConfiguration.req*", rivolto al charge point DriWe, il quale dovrà elaborare una risposta e di conseguenza (se in grado di eseguire la modifica), inviare al sistema centrale un "*ChangeConfiguration.conf*". In questo modo, per il nostro scopo di controllo dinamico dei carichi o "power management", avremo sempre la tensione del *charge point* impostata, con una variazione della corrente e quindi della potenza erogata dall'auto.

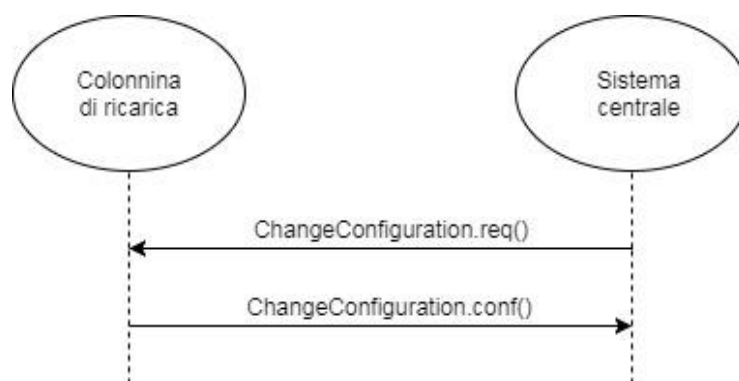


Figura 4.8: operazione *Change Configuration*

Illustriamo ora, con una breve descrizione, il programma adottato e metteremo in luce alcuni punti chiave:

4.4.1 PRIMA PARTE

Siamo partiti richiamando il dispositivo Voltaware ed il server DriWe, creando una classe, ossia un oggetto, che ci permette di memorizzare le informazioni utili da un ciclo all'altro. Abbiamo, poi inizializzato alcune variabili:

- La tensione: per un ambiente monofase risulta essere 230 V con tolleranza $\pm 10\%$;
- L'API di voltaware: Ci mostra la potenza prelevata in quell'istante;
- La potenza contrattuale di casa: Abbiamo scelto, a seconda dei casi, o 3000W o 4500 W per due motivi:
 - Difficilmente chi acquista un'auto elettrica mantiene un contratto domestico da 3 kW perchè ricaricando l'auto a 6 A (cioè 1380W di potenza) occorrerà parecchio tempo per effettuare anche solo un biberonaggio.
 - Le colonnine non possono venire utilizzate sotto i 6 Ampere a causa del “*duty cycle*”.
- La massima corrente erogabile dalla colonnina: viene impostata a 16 A se si pensa ad una *charge point* da 3,7 kW;
- La minima corrente erogabile dalla struttura: Per normativa viene fissata a 6 A;

```
from WeNet.script.volta import VoltaAPI
from WeNet.service.ocppService import change_configuration
import json, datetime

class DynamicChecker:

    def __init__(self):
        self.potential = 230.0
        self.chargepoint_power_limit = self.chargepoint_electricity * self.potential
        self.volta = VoltaAPI()
        self.volta.connect()
        self.power_limit = 3000
        self.lower_bound = 6.0
        self.upper_bound = 16.0 if 16 < self.power_limit / self.potential else float(self.power_limit)/self.potential
        self.chargepoint_electricity = self.upper_bound
        self.chargepoint_power = 2200
        self.file_path = './static/data.json'
        data = {
            "timestamp": [],
            "currentPower": [],
            "maxCurrent": []
        }
        with open(self.file_path, 'w') as outfile:
            json.dump(data, outfile)
```

Figura 4.9: prima parte di programma

4.4.2 SECONDA PARTE

In questa seconda parte abbiamo fatto in modo che il nostro programma richiamasse ogni 10 secondi (tempo altamente inferiore al rischio di stacco della corrente da parte del distributore per il superamento della soglia di contratto) la funzione implementata prima. Per il calcolo della potenza istantanea si avrà quindi la somma di tutte le “*appliance*” identificate dal Voltaware più quella delle altre applicazioni che potrebbero essere rilevate come diverse (in quanto nuove) o non rilevate perché assorbenti una potenza inferiore a 200 W.

```
def check_volta(self):  
    print "CALL Check_volta"  
  
    data = self.volta.get()  
    current_power = 0  
    for appl in data:  
        if not appl['name'].startswith("Appliance"):  
            current_power += appl['real_power']  
    print current_power
```

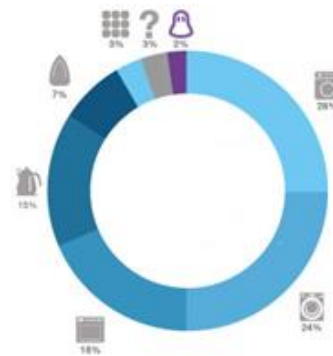


Figura 4.10: (a) seconda parte di programma
(b) appliance più altre rilevazioni; fonte: Voltaware

A questo punto si avrà un algoritmo inizializzato dal comando “if”, che controlla se la potenza istantanea risulta superiore o meno alla potenza prestabilita a livello contrattuale. Nel caso che:

- Potenza istantanea > Potenza contrattuale: Sottraendo la quantità di potenza contrattuale alla quantità di potenza istantanea otterremo un valore che ci servirà per calcolare la nuova potenza erogabile dalla colonnina. Dunque, il nuovo limite di potenza sarà inizializzato come la nuova potenza erogata.
- Potenza istantanea < Potenza contrattuale: il nuovo limite di potenza sarà definito come la tensione per il limite massimo di corrente erogabile in quell'istante;

A questo punto risulta possibile calcolare la nuova corrente che dovrà essere erogata dalla colonnina. Tale valore sarà dato dal rapporto tra la nuova potenza appena individuata e la relativa tensione monofase.

```

if current_power > self.power_limit:
    over_power = current_power - self.power_limit
    self.chargepoint_power_limit = self.chargepoint_power - over_power
    self.chargepoint_power = self.chargepoint_power_limit
else:
    self.chargepoint_power_limit = self.upper_bound * self.potential
chargepoint_electricity = round(float(self.chargepoint_power_limit) / self.potential, 1)

```

Figura 4.11: seconda parte di programma

4.4.3 TERZA PARTE

In quest'ultima parte parleremo del *Change Configuration*. Il server, grazie a questo tipo di operazione, riesce a modificare, tramite automatismo, la quantità di corrente fornita al *charge point* senza il bisogno dell'intervento da parte di un operatore esterno.

Trovata quindi la nuova corrente erogabile dalla colonnina di ricarica, inizializziamo un nuovo ciclo “*if*”:

- Nuova corrente erogabile dalla colonnina \neq dalla precedente corrente erogata: Avremo due situazioni possibili:
 - Il limite inferiore di corrente $>$ della nuova corrente erogabile dalla colonnina. In questo caso il valore da prendere in considerazione sarà uguale a quello del limite inferiore di corrente (questo perché, come detto, al di sotto dei 6A si avrebbe l'interruzione della ricarica in quanto la colonnina smette di funzionare sotto a tale limite);
 - La nuova corrente erogata è $>$ del limite massimo di corrente. Affinché il dispositivo funzioni, il valore della nuova corrente dovrà abbassarsi almeno fino al limite massimo imposto dalla colonnina (16A);
- Corrente erogabile dalla colonnina = alla corrente erogata precedente, si mantiene tale valore.

A questo punto il livello di corrente ottimale individuato potrà subire delle variazioni tramite il comando “*Change Configuration*”. Per i nostri test abbiamo utilizzato la DW_000017.

```

if chargepoint_electricity != self.chargepoint_electricity:
    if self.lower_bound > chargepoint_electricity:
        self.chargepoint_electricity = self.lower_bound
    elif chargepoint_electricity > self.upper_bound:
        self.chargepoint_electricity = self.upper_bound
    else:
        self.chargepoint_electricity = chargepoint_electricity
    change_configuration("DW_000017", "Connector1-MaxCurrent", str(self.chargepoint_electricity))

```

Figura 4.12: terza parte di programma

A tal punto verranno salvati alcuni dati di riferimento nel server DriWe, in modo da verificare la corretta funzionalità del programma.

```
#read and write data do json
with open(self.file_path) as json_file:
    data = json.load(json_file)
    data['timestamp'].append(datetime.datetime.now().strftime("%Y-%m-%dT%H:%M:%SZ"))
    data['currentPower'].append(current_power)
    data['maxCurrent'].append(self.chargepoint_electricity)
with open(self.file_path, 'w') as outfile:
    json.dump(data, outfile)
```

Figura 4.13: parte finale del programma

Il programma consente di monitorare ogni 10 secondi la potenza assorbita dai vari carichi e permette di evitare il blackout elettrico variando, entro il tempo limite, i livelli di potenza impiegati.

Il valore risulta essere circa pari a:

- Nel caso di una potenza superiore al valore contrattuale pari al 10% (esempio dai 3 KW ai 3,30 kW) il contatore può sopportare tale supplemento di potenza per un periodo illimitato;
- Se si ha un supero potenza compresa dai 3,3 kW ai 4 kW, si ha la possibilità di prelevare potenza per altre 3 ore prima di avere lo stacco della fornitura di energia;
- Nel caso invece che la potenza sia maggiore ai 4 kW allora in due minuti si avrà l'azionamento del contatore che crea il blackout;

4.5 MODELLI OTTENUTI

Abbiamo implementato il programma con i relativi accorgimenti e abbiamo eseguito una serie di prove, utilizzando un'unica colonnina ma tre diverse vetture.

Vetture utilizzate	Caratteristiche tecniche			
	Corrente max [A]	Tensione [V]	Potenza max [W]	Caricabatterie
Renault Twizy	10	230	2300	Type 3A
Fiat 500 omologata da DriWe	10	230	2300	Type 3A
Seat Leaf	16	230	3680	Type 1

Tabella 4.1: caratteristiche vetture utilizzate

4.5.1 RENAULT TWIZY

La prima prova fatta è stata eseguita tramite il Renault Twizy. Per questo caso abbiamo ipotizzato uno scenario a 3 KW. La prova presenta diverse discrepanze.

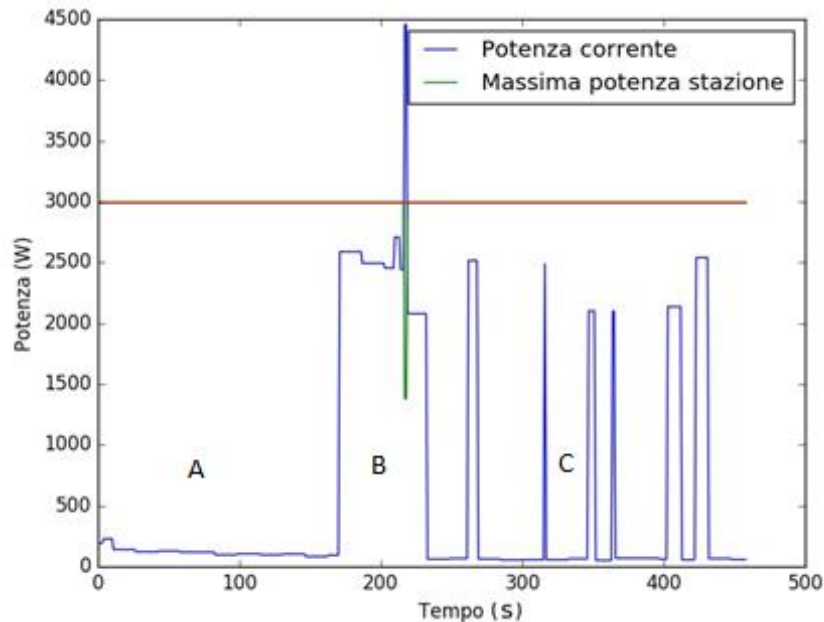


Figura 4.14: fase di ricarica Renault Twizy

Come si nota dal grafico abbiamo tre diverse fasi:

- A) Nella prima fase ci siamo prestati a monitorare solamente l'andamento dei normali carichi (lampadine, computer, stampante) presenti in ufficio durante una consueta giornata lavorativa $\approx 200/300$ W. Come si può notare lo scostamento risulta essere minimo;
- B) Il picco di potenza che si nota dal grafico superante i 2500 W, è dovuto alla fase di ricarica del Twizy, il quale collegato alla colonnina di ricarica, ha una capacità di assorbimento pari a ≈ 2300 W. A questo punto si avrà qualche piccola oscillazione dovuta ad un attacca/stacca di altre apparecchiature. Importante notare, come all'accensione di un boiler elettrico con potenza pari a 1900 W, si abbia un esponenziale incremento della potenza assorbita dai carichi (linea blu=potenza assorbita dal veicolo + potenza assorbita dagli apparecchi), con conseguente superamento della potenza contrattuale la quale raggiunge quasi i 4,5 kW. Ciò consente l'intervento tempestivo della fase di "change configuration" descritta nel paragrafo precedente, comportando quindi una variazione dei parametri di corrente e di potenza.

La linea verde rappresenta la variazione adottata dalla colonnina, che permette una diminuzione di corrente e potenza erogate da essa e ricevute dal veicolo. Per i primi istanti il Twizy acconsente a tale variazione di potenza, ma dopo 5/10 secondi apparirà sullo schermo del *charge point* un errore dovuto alla fase di ricarica comportando l'interruzione dell'erogazione della ricarica verso il veicolo;

- C) Nella terza parte del grafico si possono notare, vari picchi di potenza, dovuti all'attivazione della ricarica e al derivato assorbimento di potenza da parte del veicolo. Tali potenze risultano diversificate tra loro in quanto abbiamo impostato manualmente prima una corrente a 10 A, poi a 8 A e poi nuovamente a 10 A. Ad ogni picco di potenza si alterna una conseguente riduzione;

La parte C del grafico chiarisce il dubbio che ci eravamo posti, ossia perché nel corso della fase B, sia comparso un errore con conseguente blocco dell'erogazione della potenza durante la fase di ricarica del veicolo.

In sostanza, tale tipo di errore deriva dalla connessione interposta tra l'EV e la stazione di ricarica. Il Twizy è dotato di una spina industriale per la fase di ricarica ma questa non risulta adatta per supportare variazioni e controlli della corrente poiché non è dotata della funzione pilota, a differenza ad esempio dei connettori Type 2 e Type 1 che permette una modulazione del segnale tramite PWM (*Pulse Width Modulation*).

Dunque, anche nel caso C, una volta avviate le varie ricariche, e provando da management a cambiare la corrente durante le sessioni di ricarica, in un range che va dai 6 ai 13 A, si ha il tempestivo intervento della colonnina che blocca la ricarica, in quanto tale variazione di corrente non può essere sopportata dal carica batterie in questione.

4.5.2 FIAT 500 OMOLOGATA DA DRIWE

La seconda tipologia di test effettuato è avvenuto con il supporto della Fiat 500 convertita ed omologata ad EV di proprietà della ditta scledense. Anche per tale test abbiamo ipotizzato uno scenario a 3 KW prendendo sempre come riferimento l'ufficio operativo di DriWe. Purtroppo, come ci aspettavamo, la sessione di ricarica per l'EV con power management non è andata a buon fine perché, come nel caso, della Renault Twizy, la fiat 500 è dotata di un connettore di ricarica con presa industriale.

Abbiamo comunque eseguito due diverse prove anche per essa, simili alle precedenti.

A) Sessione di ricarica del veicolo con assorbimento all'incirca pari a 2500 W (linea blu), dovuto alla potenza assorbita dalla vettura e da quella dei normali carichi dell'ufficio.

Quando attacco una stufetta da 1200 W, come si può vedere dal grafico, la potenza totale assorbita dai carichi passa da 2500 W a circa 3,7/3,8 kW comportando quindi una repentina riduzione dell'assorbimento di potenza da parte della 500 che passa da un valore di ricarica di 2300 W ad un valore di circa 1500 W. Questo avviene per effetto della diminuzione del delta di potenza in relazione alla potenza massima assorbita dai carichi e al limite di potenza contrattuale;

B) Avvio di ricarica con modificazione della corrente erogata dalla colonnina da management, con conseguente errore della colonnina;

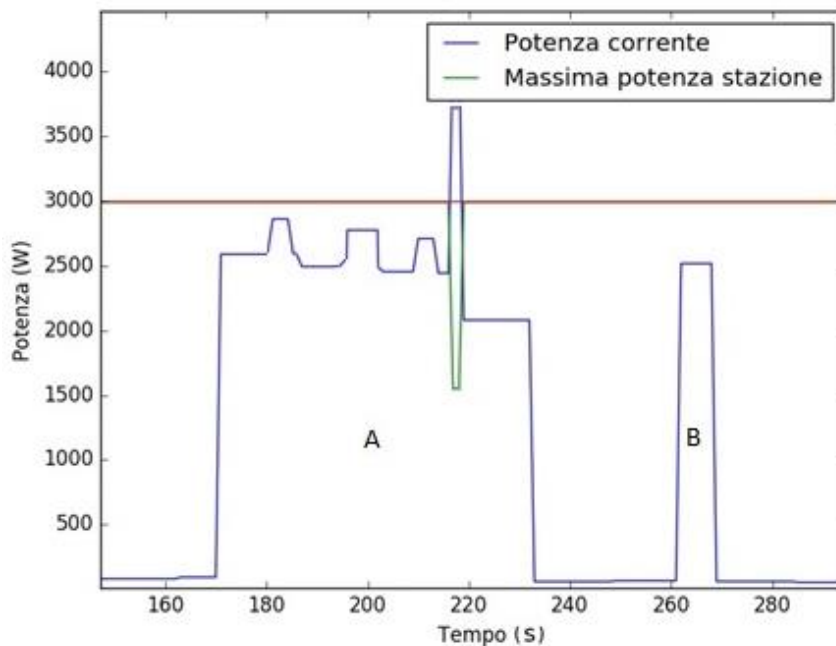


Figura 4.15: Sessione di ricarica Fiat 500

4.5.3 NISSAN LEAF

Per l'ultimo test abbiamo utilizzato una Nissan Leaf, vettura dotata di un pacco batteria da 30 kWh e un cavo di connessione con:

- Presa type 1 lato veicolo;
- Connettore type 2 lato colonnina di ricarica.

Come si vede dal grafico abbiamo apportato alcune modifiche rispetto i casi precedenti, infatti abbiamo impostato una potenza contrattuale di 4,50 kW (linea rossa) e abbiamo rilevato 3 tipi di linea diversi dalle precedenti:

- Blu: potenza dei carichi presenti in ufficio (esclusa la colonnina);
- Verde: massima potenza che può essere erogata dalla colonnina (differenza tra la linea della potenza contrattuale e quella dei carichi);
- Gialla: potenza attuale totale (potenza dei carichi + potenza colonnina);

Anche tale prova per semplicità è stata suddivisa in 3 parti che sono ricollegabili alla figura 4.16:

A) Analizzata in seguito;

B) In questa porzione di sessione di ricarica, si può notare come la linea dei carichi risulta notevolmente al di sotto dei 3,00 kW, partendo da un valore di circa 800 W, salendo poi a 1600 W dopo l'accensione di una stufetta elettrica da 800 W di potenza, per arrivare fino a 2400 W con l'assorbimento dalla rete elettrica di un boiler. Poi, con lo spegnimento degli apparecchi si vedrà scendere tale linea.

Come si può notare dal grafico, la linea gialla relativa alla potenza attuale totale segue repentinamente la linea della potenza contrattuale (4,5 kW); questo è semplicemente dovuto al corretto funzionamento del programma di calcolo, che, alla variazione dei carichi presenti in ufficio, setta la colonnina di ricarica tramite il comando "*change configuration*" in modo che essa eroghi sempre il massimo valore di corrente e si adatti alla disponibilità della potenza richiesta dai carichi dell'ufficio. Infatti:

Fasi	Potenza linea blu [W]	Corrente erogata dalla colonnina[A]	Potenza linea verde [kW]	Linea gialla [kW]
1	800	16,00	3,68	$3,68+0,80\approx 4,50$
2	1600	12,60	2,89	$2,89+1,60\approx 4,50$
3	2400	9,10	2,09	$2,09+2,40\approx 4,50$
4	2000	10,80	2,48	$2,48+2,00\approx 4,50$
5	800	16,00	3,68	$3,68+0,80\approx 4,50$

Tabella 4.2: fasi di ricarica caso B

Nella fase B abbiamo avuto una sessione ottimale di ricarica del veicolo, perché la corrente è rimasta all'interno del range prestabilito dal programma (6 - 16 A), consentendo dunque una modulazione della corrente che ha permesso di avere sempre la massima potenza di utilizzo.

C) Analizzata in seguito;

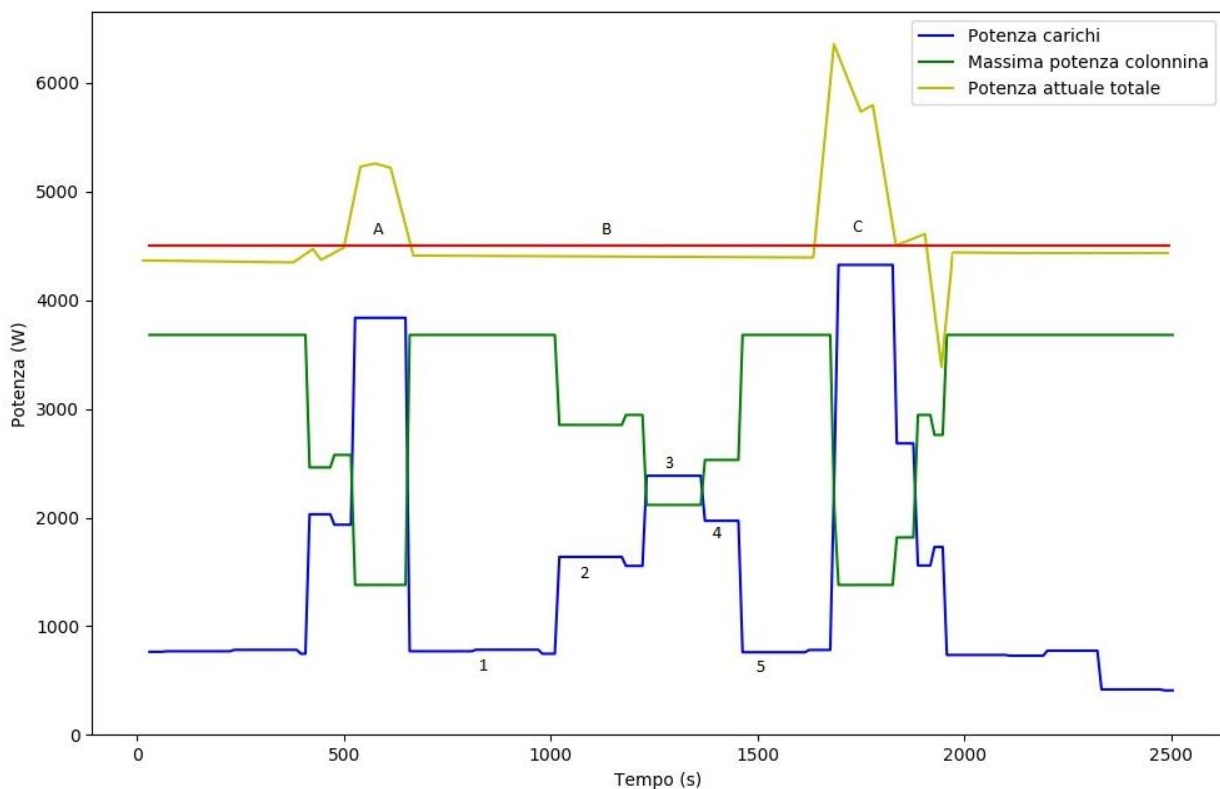


Figura 4.16: Sessione di ricarica Nissan Leaf

Analizziamo ora più dettagliatamente la fase di ricarica A e quella di C, mettendo a confronto diversi aspetti.

Partiamo con il caso A): inizialmente si hanno dei carichi utenti pari a 800 W ma, una volta connessa alla ricarica, la Nissan Leaf assorbe quasi totalmente la potenza erogata dalla colonnina. Infatti, come si può notare dalla tabella 4, si ha un'erogazione pari a 15,60 A.

Con lo spegnimento di una lampadina da 50 W, il voltaware registra il cambio di potenza e lo trasmette al programma di calcolo che immediatamente fa variare la corrente assorbita dalla colonnina, permettendo così la massima erogazione di potenza al veicolo.

L'accensione di un boiler elettrico di potenza nominale pari a 1300 W fa invece alzare la curva dei carichi ad un valore di 2030 W comportando quindi una diminuzione della corrente erogata dal *charge point* che si porta a 10,70 A.

Allo spegnimento di un'altra lampadina da 80 W si ha un'ulteriore inflessione della linea blu, che passa da 2030 a 1950, facendo variare da 10,70 a 11,10 A la corrente erogata dalla colonnina.

Critico, è risultato a tal punto, l'aumento di potenza dovuto all'accensione di una stufetta elettrica con potenza nominale pari a 2000 W. Infatti, ci si sarebbe aspettato che il delta di potenza fra la potenza contrattuale (4,50 kW) e quella assorbita dai carichi (3,90 kW), ossia la potenza erogata dalla colonnina, indicasse un valore pari a 600 W e quindi un'erogazione di 2,60 A; questo non è avvenuto perché la colonnina per funzionare non può fornire una quantità di corrente inferiore a 6 A. Il programma però ha permesso di erogare una corrente di 6 A (fase 10), spostando la linea gialla a 5,30 Kw e comportando quindi un aumento della potenza al di sopra del limite di quella contrattuale di 800W. A tal proposito si possono avere tre soluzioni possibili:

- Implementare il programma facendo in modo che se la potenza erogata dalla colonnina è minore di 6 A, si abbia lo stacco di quest'ultima. Metodo svantaggioso e non considerato perché, per richiedere una nuova sessione, bisogna prima far terminare la ricarica, staccare e riattaccare il connettore al charge point e poi sarà possibile avviarne una nuova;
- Inviare un messaggio all'utente per metterlo a conoscenza del superamento della potenza contrattuale, e del possibile rischio di blackout che si incorre se non si interviene con l'abbassamento o lo spegnimento di un carico della residenza. Metodo vantaggioso ed utilizzato;
- Consentire il blocco temporaneo della ricarica in caso di erogazioni inferiori di 6 A, utilizzando in questo modo tutta la potenza contrattuale per soddisfare i vari apparati

elettrodomestici, e riattivare automaticamente la ricarica senza il bisogno di un operatore esterno o del proprietario del veicolo. Metodo di implementazione futura;

Il programma, tramite un messaggio di notifica, ha informato l'operatore del superamento del limite di potenza disponibile e ciò gli ha permesso di riportare a pieno regime di carica la Nissan semplicemente staccando la stufetta elettrica.

Fasi	Potenza linea blu [W]	Corrente erogata dalla colonnina[A]	Potenza linea verde [kW]	Linea gialla [kW]
6	800	15,60	3,58	$3,58+0,80\approx 4,40$
7	750	16,00	3,68	$3,68+0,75\approx 4,40$
8	2030	10,70	2,46	$2,46+2,03\approx 4,50$
9	1950	11,10	2,55	$2,55+1,95=4,50$
10	3900	6,00	1,38	$1,38+3,90\approx 5,30$
11	800	16,00	3,68	$3,68+0,80\approx 4,50$

Tabella 4.3: fasi di ricarica caso A

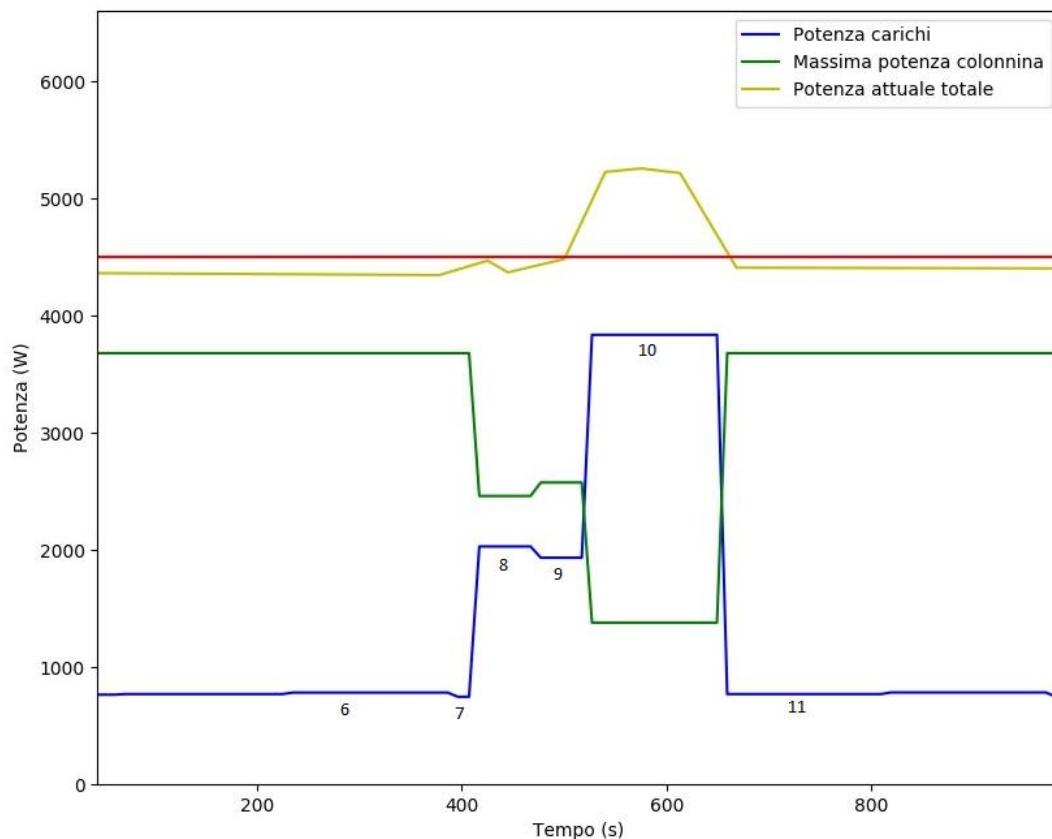


Figura 4.17: Sessione di ricarica Nissan Leaf, fase A

Anche il caso C risulta essere composto da più fasi, per certi aspetti simili alle precedenti, ma come si può vedere dal grafico presentano anche alcune differenze.

Nella fase 13 la linea blu assume maggior pendenza a causa dell'accensione di un potente elettrodomestico, che comporta un picco di carico fino a 4,35 kW. La linea gialla invece, segna il suo picco a 6,30 kW, per effetto di un'iniziale inerzia da parte del Voltaware (che rileva i segnali ogni 10 secondi), seguita poi da un'altra che la fa posizionare a 5,50 kW per poi assestarsi a 5,73 kW.

Il problema relativo della fase 16 è dovuto alla repentina accensione e spegnimento dei carichi delle fasi 15-16-17. Non solo la colonnina, ma anche le batterie presentano un'inerzia di avvio nel momento in cui si influisce sulla corrente e questo rende lenta la comunicazione dell'EV con il *charge point*; infatti, il picco in basso presentato dalla linea gialla è dovuto a un'insufficiente velocità di risposta data dall'adeguamento del sistema.

<i>Fasi</i>	<i>Potenza linea blu [W]</i>	<i>Corrente erogata dalla colonnina[A]</i>	<i>Potenza linea verde [kW]</i>	<i>Linea gialla [kW]</i>
12	800	16,00	3,68	$3,68+0,80\approx 4,50$
13	4350	6,00	1,38	$1,38+4,35=5,73$
14	2700	7,80	1,80	$1,80+2,70=4,50$
15	1600	12,80	2,95	$2,95+1,60\approx 4,50$
16	1750	7,17	1,65	$1,65+1,75\approx 3,40$
17	800	16,00	3,68	$3,68+0,80\approx 4,50$

Tabella 4.4: fasi di ricarica caso C

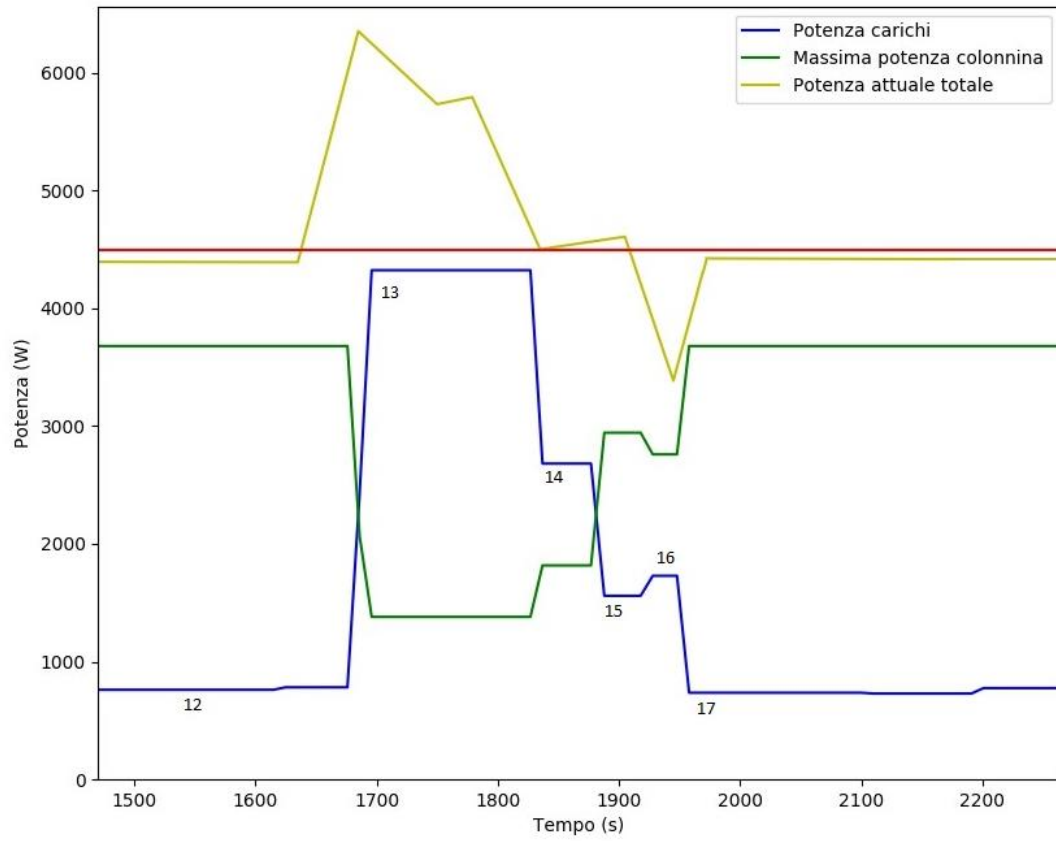


Figura 4.18: Sessione di ricarica Nissan Leaf, fase C

4.6 PROBLEMI DI COMUNICAZIONE

Approfondiamo ora il problema funzionale riscontrato nei vari test fatti con il Twizy e la Fiat 500 e il perché le varie prove non hanno portato i risultati sperati. Ciò è sicuramente dovuto alla non presenza del controllore pilota nelle spine industriali di tipo 3A.

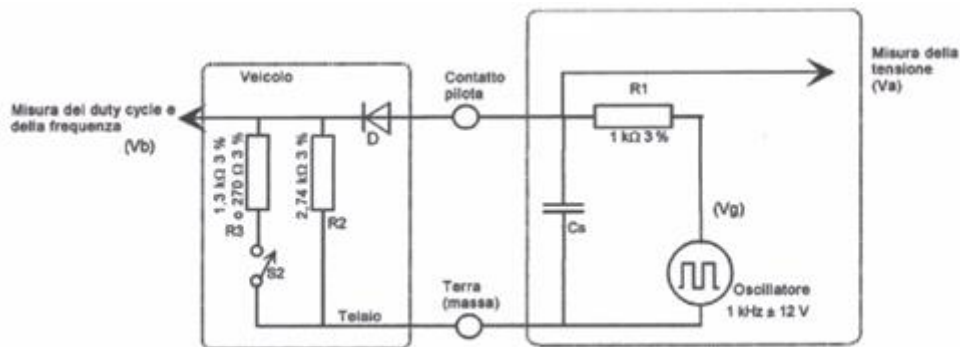


Figura 4.19: rappresentazione del controllo pilota, fonte normativa 61851-1

La stazione comunica al veicolo la disponibilità di rete attraverso un segnale modulato in frequenza (PWM). Il veicolo adatta il carico restituendo il proprio stato attraverso un valore in tensione.

Infatti, tra stazione di ricarica e auto elettrica devono essere rispettate alcune funzioni basi e opzionali. Ad esempio, la ricarica deve avvenire tramite dispositivi dedicati, ossia dispositivi che consentano la corretta comunicazione tra EV e *charge point*; è importante quindi il costante e continuo scambio di informazioni come ad esempio la potenza disponibile, la tensione di carica, e la regolazione della corrente.

Di seguito viene riportato un grafico che rappresenta la sessione di ricarica di un'auto dotata di un cavo con connettori e prese che dispongono del controllore pilota:

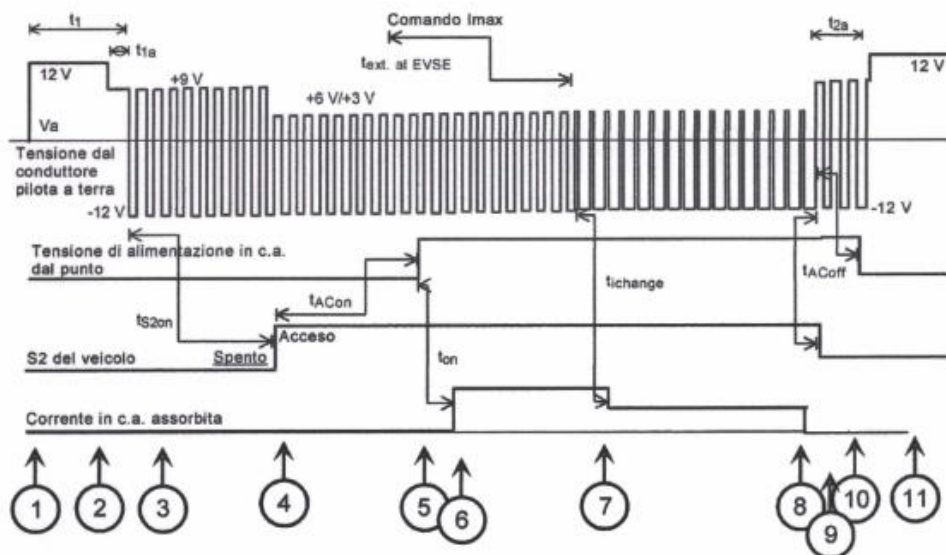


Figura 4.20: ciclo di carica per EV, fonte normativa.

	Stato del veicolo	Interruttore S2	Misura della tensione [V]	Descrizione
1	Scollegato	Aperto	12	Veicolo scollegato, segnale del generatore a 12 V
2	Collegato	Aperto	9	Veicolo collegato con il cavo. Il segnale del generatore ancora a 12 V
3	Collegato	Aperto	9	L'EVSE può fornire energia. Segnale del generatore a -12 V
4	Collegato	Chiuso	Da 9 a 6/3	Il veicolo può cominciare a ricevere energia
5	Collegato	Chiuso	6/3	L'EVSE chiude il circuito
6	Collegato	Chiuso	6/3	Ricarica del veicolo
7	Collegato	Chiuso	6/3	Fase di riduzione della potenza del veicolo richiesta dall'esterno
8	Collegato	Chiuso	6/3	Fermata e fine della carica
9	Collegato	Chiuso	Da 6/3 a 9	L'EV chiede la disconnessione
10	Collegato	Aperto	9	L'EVSE apre il circuito
11	Scollegato	Aperto	12	Rimozione del cavo dall'EV rilevata dal segnale a 12 V

Tabella 4.5: descrizione ciclo di carica

Gli EVSE per quanto visto fino ad ora sono dotati di un controllore pilota il quale permette la ricarica del veicolo elettrico. Per funzionare, la corrente di ricarica deve risultare un valore dai 6 A ai 16 A; tale controllore pilota ha bisogno che il relativo *Duty cycle* sia compreso tra il 10 % e il 26,6% in quanto:

- $Duty\ cycle\ [\%] = corrente\ [A] / 0,6$;
- $Duty\ cycle = 5\%$, viene utilizzato come comunicazione digitale di controllo;

Per l'EV invece, la corrente che esso può assorbire risulta sempre modulata dal duty cycle, infatti per:

- $Duty\ cycle < 3\%$ non può avvenire la ricarica
- $3\% < duty\ cycle < 7\%$: serve per la comunicazione digitale di controllo, e la ricarica non può essere consentita in assenza di questa comunicazione digitale;
- $7\% < duty\ cycle < 8\%$: non può avvenire la carica;
- $8\% < duty\ cycle < 10\%$: si ha una ricarica a 6 A;
- $10\% < duty\ cycle < 26,6\%$: ricarica tra i 6 e i 16 A;

5- IMPLEMENTAZIONE FUTURA

La seconda modalità con cui può essere effettuato il controllo dinamico della potenza è ciò a cui stiamo lavorando in parallelo in vista di un'implementazione futura. Risulta essere un sistema completamente nuovo di gestione del controllo di potenza e consiste nell'interfacciare il contatore (*Open meter* 2G) con la colonnina DriWe tramite la **comunicazione su Chain 2**.

Tale meccanismo rappresenta un metodo innovativo (primo in Italia) per un power management. Di seguito elenchiamo i punti su cui abbiamo focalizzato la nostra attenzione per raggiungere una fattibilità tecnica della soluzione.

L'obiettivo prevede:

- a) Comprendere la struttura e le caratteristiche del nuovo *Open meter* 2G;
- b) Analizzare la comunicazione dell'*Open meter* 2G;
- c) Studiare la nuova normativa dell'ente CEI che prevede la definizione di un **protocollo standard per la comunicazione tra contatore 2G e DU** (Dispositivo Utente) del cliente finale;

5.1 OPEN METER 2G

Possiamo definire il nuovo contatore elettronico di e-distribuzione come un progetto infrastrutturale, interoperabile e innovativo. Tale strumento diversamente dal primo contatore 1G (che la maggior parte degli italiani ha nelle proprie case) consente una comunicazione bidirezionale:

- verso il gestore della rete: tramite un segnale ad onde convogliate sulla stessa linea utilizzata precedentemente dai contatori 1G, definiti canali di comunicazione *CHAIN 1*, i quali risultano essere utilizzati per le operazioni di telelettura/telegestione, validazione e fatturazione tra gli *smart meter* di seconda generazione e il distributore;
- verso l'utenza: grazie la semplice lettura dell'apposito display del contatore oppure per mezzo di un DU (es. *energy meter*) comunicante con il contatore attraverso un apposito canale definito *CHAIN 2* che trasmette misure e registri non validati in tempo reale.



Figura 5.1: tipologie di canali di comunicazione

“E-distribuzione (allora Enel Distribuzione) ha deciso di avviare la sostituzione massiva di tutto il parco contatori tradizionali con una nuova generazione di contatori intelligenti in grado di essere teleletti e telegestiti da remoto. Tale scelta ha reso possibile il conseguimento per il sistema elettrico nazionale di rilevanti efficienze, riflesse nella riduzione delle tariffe di distribuzione e misura, e al contempo di trasformare in maniera decisiva il processo di disponibilità di dati e dei servizi da remoto a vantaggio dell’allora nascente apertura del mercato”. [26] Questa campagna di sostituzione coinvolgerà all’incirca 31,9 milioni di contatori in bassa tensione suddivisi tra clienti e produttori. Tale campagna, anche definita da e-distribuzione “campagna di messa in servizio del sistema di *smart metering 2G*”, è iniziata il 1° gennaio 2017 e durerà circa 8 anni. Anche questi nuovi contatori avranno una vita stimata di 15 anni (come i precedenti) e faranno riferimento ad un arco temporale che andrà dal 2017 al 2031.

La causa della sostituzione dei vecchi contatori è dovuta:

- Periodo di funzionamento di 15 anni, essenziale poi una ricalibrazione;
- Taratura antieconomica in quanto non dispongono di una memoria sufficiente per aggiornare il loro apparato software;
- Divergenze dalle esigenze del cliente finale;
- Caratteristiche ed adeguamento non in linea con quanto stabilito dalle direttive europee;

ma tale sostituzione deve assicurare e seguire alcuni obiettivi primari quali:

- Efficienza: tramite il contenimento dei costi e dei tempi della sostituzione;
- Efficacia: garantendo il raggiungimento dei volumi pianificati nei tempi previsti;
- Attenzione alla clientela: la sostituzione deve rispecchiare le esigenze dei vari consumatori;

Si vuole quindi consentire un maggior risparmio energetico grazie alle migliorie apportate ai nuovi contatori. Essi migliorano la propria *energy footprint* consentendo l'accesso alle informazioni relative al consumo istantaneo. Si potrà capire quanta energia elettrica viene utilizzata nelle diverse fasce orarie e sarà possibile esaminare in dettaglio l'andamento dei consumi giornalieri, grazie ai dati di misura forniti dalle singole curve quarto orarie.

Per conseguire la prima parte di questo traguardo, DriWe ha partecipato ad un workshop, presso l'auditorium di E-distribuzione, improntato sulla sperimentazione della Chain 2 (il canale di comunicazione riguardante DU e contatore e-distribuzione).

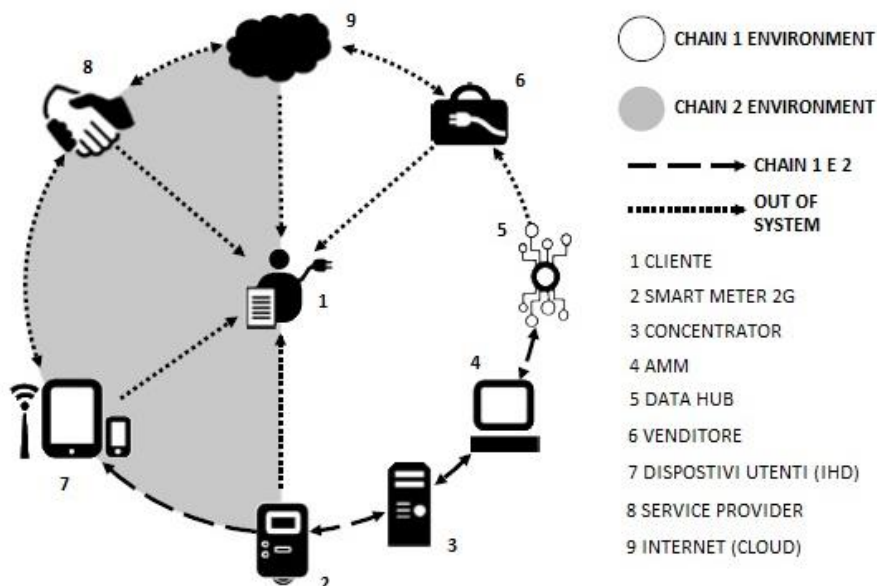


Figura 5.2: connessione canali chain 1 e chain 2

Per definire il DU ci avvaliamo dalla normativa italiana CEI 13.83 la quale lo definisce come un “dispositivo incaricato di scambiare informazioni con il misuratore intelligente 2G per mezzo della *chain 2* e del protocollo definito in questo documento e conforme all’uso specificato. Esso dispone di un sistema di memorizzazione non volatile dei dati. Deve essere dotato di interfaccia di “*input*”, in particolare per la gestione delle chiavi di sicurezza (crittografia). Deve poter segnalare al cliente il suo stato di funzionamento. Può avere un involucro dedicato o essere integrato all’interno di un dispositivo intelligente. Può avere o abilitare un’interfaccia utente per la visualizzazione delle misure ricevute. Può essere dotato di logica locale ed eseguire operazioni più o meno complesse sulle misure. Può ricevere informazioni aggiuntive provenienti da altri canali. Può ricevere dati da più di un

misuratore intelligente 2G. Nel rispetto dei servizi abilitati, il dispositivo utente dovrebbe essere realizzato per garantire un'installazione *Plug&Play*". [27]

Nel nostro caso il dispositivo utente potrà essere:

- Installato all'interno delle colonnine DriWe e cablato direttamente con esse;
- Esterno ad esse, permettendo una comunicazione tramite server DriWe;

5.2 PLC (POWER LINE CARRIER)

Si vuole quindi effettuare una trasmissione dei dati per mezzo del canale di comunicazione PLC, utilizzando opportune onde convogliate sui sistemi di cablaggio che collegano direttamente il contatore *Open meter 2G* al relativo DU, in modo da poter modulare la potenza.

Questo segnale è caratterizzato da una frequenza dati molto maggiore ma con ampiezza inferiore. Esistono ad oggi diverse bande di frequenza:

- Banda Ultra Stretta;
- Banda Larga;
- Banda Stretta;

“La tecnologia attualmente in campo in Italia per lo *smart metering* presenta un unico canale di comunicazione PLC, con una velocità di trasmissione (*bit rate*) attualmente pari a 2.400 bit/secondo. Tutti i misuratori elettronici di bassa tensione attualmente installati in Italia dispongono di un unico *modem* per la comunicazione su PLC, sulla cosiddetta “banda A” prevista dalla normativa CENELEC e riservata all'impresa distributrice.”[28] Con l'adozione del nuovo contatore elettronico, il CENELEC ha stabilito che le trasmissioni dati sui contatori monofase devono essere trasmesse entro un range di frequenze che vanno da 3kHz a 148,5 kHz, suddividendole nelle seguenti classi:

- Banda A: da 3 kHz a 95 kHz, utilizzo il canale *chain 1* per lo scambio di informazioni e dati tra contatore e cabina secondaria di rete;
- Banda B: da 95 kHz a 125 kHz;
- Banda C: da 125 a 140 kHz, di nostro interesse, utilizzo la *chain 2* in modo da permette il passaggio di informazioni e dati tra contatore e cliente finale;
- Banda D, da 140 kHz a 148,5 kHz.

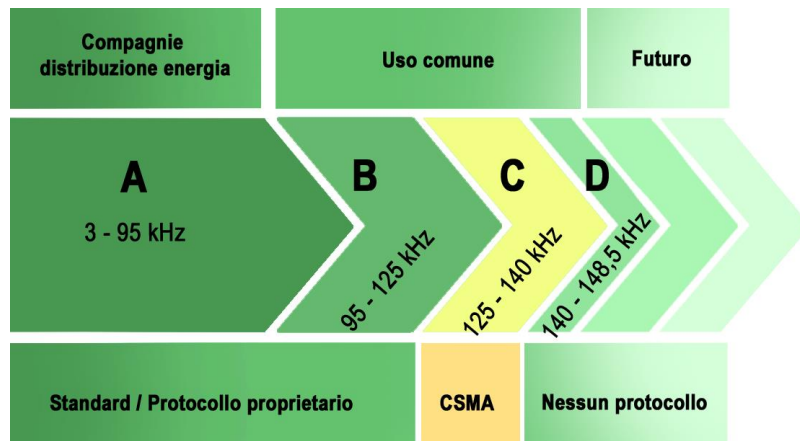


Figura 5.3: suddivisione delle bande

La Banda C viene quindi utilizzata in installazioni a bassa tensione quali ad esempio abitazioni o piccole utenze industriali che gestiscono applicazioni analogiche, digitali, di controllo e di monitoraggio dei vari carichi collegati alla rete elettrica. La scelta dell'utilizzo della *power line carrier* è determinata dalla presenza di determinate caratteristiche. La PLC è un mezzo a costo zero perchè utilizza una infrastruttura già esistente che non ha bisogno di essere cablata ne tantomeno necessitano di interventi da parte di terzi. Inoltre, dall'esperienza avuta con la banda A per la trasmissione tra contatore e cabina secondaria emerge che la banca C risulta essere meno rumorosa e quindi meno soggetta a disturbi derivanti dai normali apparati elettrodomestici. Tale canale di comunicazione, sicuramente più affidabile, permette una riduzione dei costi e rappresenta una soluzione a portata di mano.

Per la trasmissione dei dati lungo la *chain 2* si dovranno però rispettare alcune misure di sicurezza, come ad esempio, la confidenzialità, la validità e l'autenticità delle informazioni scambiate, provvedendo all'attivazione di tale canale solo su richiesta del cliente. Il contatore trasmette quindi i dati sulla *chain 2* ad una frequenza di $132,5 \text{ kHz} \pm 150 \text{ ppm}$. Tale banda di valori è identificabile con il sinonimo di "banda in uso".

5.3 SVOLGIMENTO OPERATIVO

Per il nostro scopo abbiamo fatto riferimento ad alcuni “casi d’uso”, ossia possibili scenari e requisiti relativi alla comunicazione DU-Meter 2G, che soddisfino le richieste dell’utente.

Ci siamo interessati a due diversi casi:

- **Caso d’uso A2: visualizzazione dei consumi e produzione di energia e potenza.**

Tale caso d’uso prevede l’invio di messaggi, da parte del contatore, dove vengono indicati i valori della potenza istantanea durante l’attraversamento di alcune specifiche soglie di potenza. Questo metodo permette la misura della potenza attiva erogata dal contatore. La trasmissione potrebbe avvenire ogni secondo ma per evitare il rischio di intasamento della rete dati e quindi di un utilizzo eccessivo che porterebbe complicazioni, il Comitato Elettrotecnico Italiano ha deciso di ideare un sistema che invii un pacchetto dati contenente l’ultimo valore di potenza attiva registrato quando si ha uno specifico attraversamento di un delta di potenza, detto anche “soglia di potenza”, che per la fase di monitoraggio (partita a novembre 2017 e che durerà fino ad aprile 2018) consiste nel 10% della potenza contrattuale della fornitura (che risulta essere 300W per la maggior parte delle utenze italiane in bassa tensione a fronte dei consueti 3 kW installati), ma che potrà essere modulata a piacere una volta terminata tale fase di sperimentazione per la *chain 2*.

- **Caso d’uso A3: avviso di superamento della potenza disponibile ed eventuale intervento del limitatore.** Tale caso d’uso permette un aggiornamento in tempo reale del momento in cui la potenza istantanea erogata oltrepassa quella contrattuale. Anche in questa circostanza si avrà il superamento di una determinata soglia di potenza;

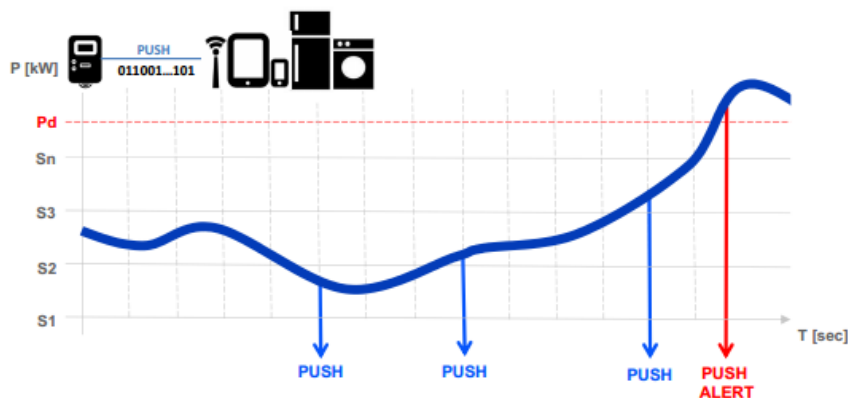


Figura 5.4: Casi d’uso A.2 e A.3, con invio della potenza attiva tramite soglie, fonte: workshop monitoraggio chain 2

Affinché avvenga una corretta e precisa comunicazione tra contatore 2G e DU, quest'ultimo dovrà essere provvisto di una “chiave di inizializzazione”, ossia una chiave a 128 bit che permette l'accoppiamento tra le due parti. Senza tale codice univoco non si potrà avere lo scambio dei dati tra i due apparati. La chiave di inizializzazione del DU sarà trasmessa al contatore 2G per mezzo del canale *chain 1*. A questo punto per poter avere lo scambio di informazioni e di pacchetti dati, entrambe le parti dovranno possedere una “chiave di esercizio”, vale a dire un codice a 128 bit, per la decodificazione dei dati.

La trasmissione impiegata nei casi d'uso elencati precedentemente avviene tramite l'invio di un messaggio chiamato “trama compatta”. Ad ogni evento del relativo caso d'uso si avrà l'inoltro dei dati elaborati da parte del misuratore intelligente. Se il misuratore dovesse gestire in uno stesso momento più messaggi rivolti al DU, avranno priorità di invio quei messaggi che evidenziano problematiche per quali è necessario un intervento tempestivo.

Dopo una lunga analisi, le trame più interessanti per il nostro utilizzo risultano essere:

- **Trama compatta 21:** relativo all'attraversamento di una soglia di potenza prelevata;
- **Trama compatta 22:** relativo al caso di superamento della soglia di potenza disponibile;

Conclusione

“Il valore di un'idea sta nel metterla in pratica.”

Questa citazione di T. A. Edison rappresenta un ottimo punto di collegamento con la riflessione che ho esposto all'inizio di questa tesi.

Quotidianamente svolgo azioni che, senza accorgermene, potrebbero ripercuotersi, a lungo andare, non solo contro di me ma anche nei confronti delle generazioni future.

Paradossalmente la società moderna ha raggiunto la conoscenza e la consapevolezza di ciò che è necessario per un futuro sostenibile ma allo stesso tempo fatica nel mettere in pratica quelle azioni che permettono la realizzazione di questo.

Tante sono state le idee e i progetti sviluppati ad oggi per ridurre l'inquinamento ed evitare il disastro ambientale ma purtroppo altrettanti sono stati gli impedimenti e le resistenze.

Nel caso specifico del mio elaborato emerge chiaramente come diversi fattori abbiano rallentato la diffusione dell'*e-mobility*.

Ciò mi ha portato a riflettere sull'importanza che si deve dare alla diffusione e alla condivisione della conoscenza affinché una semplice idea possa diventare una grande invenzione; perché, sé da un lato il cambiamento deve partire da ogni singolo individuo, dall'altro, è anche vero che per essere efficace deve essere supportato da tutti.

Non posso negare che i mezzi che ho utilizzato per lo studio della “Fattibilità tecnologica per il controllo dinamico dei carichi in ambiente monofase durante la ricarica di veicoli elettrici” mi hanno posto più volte di fronte alla difficoltà di reperire specifiche informazioni tecniche relative ai nuovi dispositivi di ricarica immessi nel mercato.

Nonostante ciò, sono comunque soddisfatto del risultato ottenuto.

Grazie all'utilizzo dei dispositivi Voltaware e Drive Wallbox sono riuscito a ripartire e monitorare la sessione di ricarica di un'auto elettrica sottoponendola a diversi casi che si potrebbero verificare nell'ambito domestico, residenziale o lavorativo, gestendo i valori di potenza assorbiti dai vari carichi presenti nell'ambiente di riferimento mantenendoli entro il limite contrattuale di potenza ed evitando così l'interruzione della corrente. Questa soluzione potrebbe migliorare e semplificare il rapporto tra il consumatore e l'auto elettrica, rendendo più pratico l'utilizzo di quest'ultima.

Come riportano i risultati, lo scopo della tesi risulta ampiamente soddisfatto. La sessione di ricarica dell'EV infatti, come rappresentato dalle figure 4.16-4.17-4.18 ha seguito l'andamento dei consumi richiesti dai vari apparecchi utilizzati senza incorrere nel rischio di blackout elettrico.

Nell'ultima parte della mia tesi ho voluto esporre anche un altro metodo a cui sta lavorando DriWe per stare al passo con i tempi. Infatti e-distribuzione sta avviando una campagna di sostituzione degli attuali contatori 1G, con quelli di ultima generazione chiamati *Open meter 2G*. Il progetto è ancora in fase di sperimentazione perché anche in questo caso sono state riscontrate delle difficoltà sia per quanto riguarda la reperibilità degli *Open meter 2G* sia per l'adeguamento della sperimentazione alle recenti normative emanate. Ci aspettiamo anche per tali test, previsti per gennaio 2018, il buon conseguimento del risultato atteso.

Appendice A

Descrizione dettagliata colonnine DriWe

	MINI COMPACT	WALLBOX	CHARGE
Ingresso/alimentazione 230 V			
<i>Alimentazione elettrica</i>	3 x 2,5 mm ²	Min. 3x4 mm ² (monofase, 16A) / max. 5x6 mm ² (trifase, 32A)	5 x 4 – 16 mm ²
<i>Tensione nominale</i>	230VV	230V/400 V	400 V
<i>Collegamento di rete</i>	Min. 25 A monofase 230 V 50 Hz (3,7 kW versione); min. 25 A trifase 400 V 50 Hz (11kW versione); min. 40 A trifase 400 V 50 Hz (22 kW versione)	Min. 25 A monofase 230 V 50 Hz (3,7 kW versione); min. 25 A trifase 400 V 50 Hz (11kW versione); min. 40 A trifase 400 V 50 Hz (22 kW versione)	25 A monofase 230 V 50 Hz (2 x 3,7 kW); 40 A monofase 400 V 50 Hz (2 x 7,4kW, solo GB); 40 A trifase 400 V 50 Hz (2 x 11 kW versione); 64 A trifase 400 V 50 Hz (2 x 22 kW)
<i>Frequenza nominale</i>	50 Hz	50 Hz	50 Hz
<i>Fusibile di riserva</i>	20 A (necessario in sede)	20 A – 40 A (necessario in sede)	20 A – 80 A (necessario in sede)
<i>Morsetti di collegamento</i>	Morsettiera M20 per cavi di dimensioni da 6 mm a 13 mm	Morsettiera per cavi di dimensioni da 9,5 mm a 25,5 mm, morsetti per cavi con sezione max. 10 mm ² (interruttore principale)	Morsettiera M32, per cavi di dimensioni da 17 mm a 25,5 mm, morsetti per cavi con sezione max. 16 mm ² (interruttore principale)
<i>Messa a terra</i>	Sistema TN: conduttore di protezione PE	Sistema TN: conduttore di protezione PE	Sistema TN: conduttore di protezione PE
<i>Interruttore principale</i>	-	-	4 poli, 80 A, 400 V o 4 poli, 40 A, 400V
Uscita/connesione al veicolo			
<i>Sistema di connessione</i>	1 x connettore di tipo 1 o di tipo 2 in conformità con IEC62196-2	1 x connettore di tipo 1 o di tipo 2 in conformità con IEC62196-2	1 o 2 x connettore/i di tipo 2 (tipo 2 S, solo Francia) in conformità con IEC62196-2
<i>Tensione d'uscita</i>	230V	230V o 400V	230V o 400V
<i>Corrente massima</i>	16 A, monofase	16 A, monofase o 32 A, monofase o 16 A, trifase o 32 A, trifase	16 A, monofase o 16 A, trifase o 32 A, trifase
<i>Potenza massima in uscita</i>	3,7 kW	3,7 kW o 11 kW o 22 kW	3,7 kW o 11 kW o 22 Kw
<i>Spegnimento (Standby)</i>	Tutti i contatti	Tutti i contatti	Tutti i contatti
<i>Bilanciamento dinamico del carico</i>	-	-	Sì (opzionale)
Protezione/componenti integrati			
<i>RCCB</i>	Interruttore differenziale puro (RCCB) – esterno (necessario in sede)	Interruttore differenziale puro (RCCB) – esterno (necessario in sede)	RCCB integrato di tipo B (opzionale)

<i>Contatore elettrico</i>	kWh-metro per presa, integrato, certificato MID, Modbus (opzionale)	kWh-metro per presa, integrato, certificato MID, Modbus	1 x kWh-metro per presa, integrato, certificato MID, Modbus
<i>Contattore</i>	2 poli (attivazione della procedura di carica) a 230 V	-	2 poli (attivazione della procedura di ricarica) a 230 V; 4 poli (attivazione della procedura di ricarica) a 400 V
Standard/Direttive			
	IEC 61851-1 (2010), IEC 61851-22 (2010), Direttive Renault Z.E. Ready	IEC 61851-1 (2010), IEC 61851-22 (2010), Direttive Renault Z.E. Ready	IEC 61851-1 (2010), IEC 61851-22 (2010), Direttive Renault Z.E. Ready
Controllo della carica/ indicatori di stato			
<i>Regolatore di carica</i>	1 x IB275	1 x NG910	1 o 2 x IB503 e 1 x modulo di comunicazione
<i>Comunicazione con il veicolo</i>	Modalità 3, Renault Z.E. Ready	Modalità 3	Modalità 3, Renault Z.E. Ready
<i>Indicatore di stato della modalità operativa</i>	LED	1 x RGB LED (versione con cavo fisso); Display 3,5 pollici (versione con presa)	4 x LED RGB su ciascun lato
<i>Display</i>	-	-	Display a colori TFT con risoluzione 800 x 480 pixel (opzionale), personalizzabile (su richiesta)
<i>Lettore di carte</i>	-	RFID (NFC) Mifare 13,56 Mhz, DESFire, integrato (opzionale)	RFID (NFC) Mifare 13,56 Mhz, DESFire, integrato (opzionale)
<i>Internet / Disponibilità della rete</i>	-	GPRS, TCP/IP	GPRS (900/1800 Mhz), SIM senza blocco o TCP/IP (cavi Ethernet almeno CAT5)
<i>Protocollo di comunicazione</i>	-	OCPP 1.5 (JSON)	OCPP 1.5 (JSON)
<i>Interfaccia back end</i>	-	Interfaccia ICU (opzionale) o altro back end (su richiesta)	Interfaccia ICU (opzionale) o altro back end (su richiesta)
<i>Comunicazione con il contatore intelligente</i>	-	Cavo rete UTP con spina RJ11	Porta P1
Condizioni operative			
<i>Temperatura operativa</i>	Da -30°C a 40°C	Da -25°C a 40°C	Da -30°C a 40°C
<i>Umidità relativa</i>	Da 5% a 95%	Da 5% a 95%	Da 5% a 95%
<i>Classe di protezione</i>	I	I	I
<i>Grado di protezione (alloggiamento)</i>	IP67	IP54	IP54
<i>Protezione IK</i>	IK10	IK10	IK10
<i>Consumo in Stand-By</i>	Ca. 1 W	Ca. 20 W	Ca. 20 W
Alloggiamento			
<i>Tipo</i>	Alloggiamento a parete	Alloggiamento a parete	Alloggiamento a parete

Tipo di fissaggio	Montaggio a parete tramite viti o fissato a un palo (opzionale)	Montaggio a parete tramite viti o fissato a un palo (opzionale)	Montaggio a parete tramite viti o fissato a un palo (opzionale)
Materiale (rivestimento)	Policarbonato	Policarbonato, anti UV e ritardante alla fiamma	Fibra di vetro rinforzata con Duroplast (SMC – composito per stampaggio a fogli)
Colore (rivestimento)	RAL 9010 (bianco traffico), verniciata a polvere, finitura satinata	RAL 9016 (bianco traffico), verniciabile in altri colori RAL (opzionale)	RAL 9016 (bianco traffico), verniciabile in altri colori RAL (opzionale)
Materiale (alloggiamento)	-	-	Fibra di vetro rinforzata (SMC - composito per stampaggio a fogli)
Colore (alloggiamento)	RAL 7043 (grigio traffico)	RAL 7043 (grigio traffico)	RAL 7043 (grigio traffico)
Bloccaggio	-	-	Coperchio fissato con viti antifurto
Peso	Ca. 2 Kg	Ca. 4 Kg	Ca. 15 Kg (monofase), Ca. 25 Kg (trifase)

Appendice B

“Campagna di sostituzione open meter 2G”

COMUNE	N. CONTATORI 2G INSTALLATI	N. UTENZE BT GESTITE	PERCENTUALE GESTITA DI CONTATORI 2G
AFRICO	1016	1262	80,51%
AGROPOLI	11866	13285	89,32%
ALBINO	8351	9719	85,92%
ALESSANO	2880	3639	79,14%
ALEZIO	2775	3444	80,57%
ALMENNO SAN SALVATORE	1852	2868	64,57%
ALZANO LOMBARDO	6591	7332	89,89%
ARADEO	4148	5137	80,75%
ARIANO IRPINO	9855	11412	86,36%
ARONA	7646	9046	84,52%
BARICELLA	2484	3508	70,81%
BARONISSI	6736	7581	88,85%
BEINETTE	1550	1660	93,37%
BOLOGNA	114024	140042	81,42%
BOMPORTO	3045	4819	63,19%
BONATE SOPRA	4258	4518	94,25%
BORGOMANERO	10635	11744	90,56%
BOVEZZO	3422	3759	91,03%
BRIGA NOVARESE	1092	1497	72,95%
BUSSOLENGO	4728	9607	49,21%
CALDERARA DI RENO	6075	6759	89,88%
CALIMERA	2994	3815	78,48%
CAMPAGNA	2407	6795	35,42%
CAMPI SALENTINA	3853	5053	76,25%
CAMPO CALABRO	1766	2204	80,13%
CARMIANO	4640	5934	78,19%
CASINA	1519	3364	45,15%
CAVALLINO	4846	6040	80,23%
CEGLIE MESSAPICA	11320	14253	79,42%
CELLINO SAN MARCO	2739	3278	83,56%
CERVETERI	2147	22203	9,67%
CINQUEFRONDI	2872	3329	86,27%
CISTERNINO	6336	8024	78,96%
COLLEPASSO	2587	3330	77,69%
CONCESIO	7316	7821	93,54%
COPERTINO	8545	10798	79,14%
CORIGLIANO D'OTRANTO	2579	3249	79,38%
COSSATO	7150	7828	91,34%
COSTIGLIOLE D'ASTI	2928	3446	84,97%
CUTROFIANO	4764	5721	83,27%
DELIANUOVA	1312	1585	82,78%
EBOLI	13911	16317	85,25%
ERCHIE	2948	3752	78,57%
FIORANO MODENESE	6922	8011	86,41%
FISCIANO	5952	6983	85,24%
FRANCAVILLA FONTANA	13981	18145	77,05%
GALATINA	11239	13781	81,55%
GALATONE	2733	9139	29,90%
GALLIATE	1418	7946	17,85%
GARLASCO	3080	4915	62,67%
GATTINARA	4100	4557	89,97%
GIOIOSA IONICA	2611	3517	74,24%
GOZZANO	2589	2947	87,85%
GROTTERIA	1436	2044	70,25%
GUSSAGO	7262	8186	88,71%
LADISPOLI	21214	23919	88,69%
LATIANO	6691	7914	84,55%
LEQUILE	3486	4023	86,65%

LOCRI	2565	6819	37,62%
LUMEZZANE	9531	10905	87,40%
MARANELLO	4586	8652	53,01%
MARINA DI GIOIOSA IONICA	3159	3734	84,60%
MARZABOTTO	3427	3940	86,98%
MELICUCCO	1876	2191	85,62%
MELITO DI PORTO SALVO	5500	6513	84,45%
MERCOGLIANO	4740	5641	84,03%
MILAZZO	16147	18394	87,78%
MISSAGLIA	3076	4448	69,15%
MOGLIANO VENETO	12548	14163	88,60%
MONTECORVINO ROVELLA	2886	5370	53,74%
MONTEVARCHI	10982	12040	91,21%
MOTTA SAN GIOVANNI	3202	4422	72,41%
NARDO'	11813	23442	50,39%
NAVE	3603	5334	67,55%
NOCERA INFERIORE	16316	19996	81,60%
NOCERA SUPERIORE	4416	9473	46,62%
ODERZO	2079	9839	21,13%
OSTUNI	4228	14208	29,76%
OTRANTO	5017	5721	87,69%
PALMI	5564	10604	52,47%
PIOMBINO	11069	21846	50,67%
PIZZIGHETTONE	2678	3436	77,94%
PLATI'	1165	1589	73,32%
PONSACCO	6458	7392	87,36%
PONTE DI PIAVE	2363	3799	62,20%
PORTO TORRES	9153	10896	84,00%
ROCCELLA IONICA	3451	4515	76,43%
ROSARNO	4923	6331	77,76%
ROSIGNANO MARITTIMO	12766	20377	62,65%
ROVEREDO IN PIANO	2338	3157	74,06%
RUFFANO	3810	4947	77,02%
S.BONIFACIO	3502	10061	34,81%
S.GIOVANNI LUPATOTO	11151	11833	94,24%
S.MARTINO BUON ALBERGO	7171	7553	94,94%
SALA CONSILINA	5216	6161	84,66%
SAN DONACI	2855	3216	88,77%
SAN DONATO DI LECCE	2431	2796	86,95%
SAN GIOVANNI VALDARNO	2602	8873	29,32%
SAN LORENZO	1619	2145	75,48%
SAN LUCA	1190	1436	82,87%
SAN PIETRO VERNOTICO	4754	7228	65,77%
SANTAGIUSTINA	1998	3854	51,84%
SANT'EGIDIO DEL MONTE	2971	3717	79,93%
SARNO	5277	11617	45,42%
SCANDIANO	11048	12675	87,16%
SCANZOROSCIATE	4405	4732	93,09%
SERIATE	6037	12598	47,92%
SOAVE	3299	3658	90,19%
SOLESINO	1916	3254	58,88%
SOLIERA	6437	7480	86,06%
TEGLIO	3930	5200	75,58%
TRICASE	6958	8528	81,59%
UGENTO	9530	11199	85,10%
VIGLIANO BIELLESE	3347	4398	76,10%
VILLA CASTELLI	3739	4591	81,44%
VILLA SAN GIOVANNI	5898	7509	78,55%
VILLAFRANCA D'ASTI	1057	1675	63,10%
ZOLA PREDOSA	9018	10060	89,64%

Glossario

A: ampere

AC: corrente alternata

ACEA: Associazione Costruttori Europei di Autoveicoli

API: *application programming interface*

BEV: *battery electric vehicles*

CEI: comitato elettrotecnico italiano

CCS: *Combined Charging System* o COMBO2 :

CHAdEMO: *Charging de moving*

CO: monossido di carbonio

CO₂ : anidride carbonica

DC: corrente continua

DOC: grado di carica

DOD: grado di scarica

EREV: *extended-range electric vehicles*

EV: *electrical vehicle*

EVSE: *electric vehicle supply equipment*

E-MOBILITY: mobilità elettrica

FEV: *full electric vehicles*

H: ora

HEV: *hybrid electric vehicle*

IAV: *ingenieurgesellschaft Auto und Verkehr*

ICCB: *in cable control box*

ICE: *internal combustion engine*

Km: chilometro

know-how: conoscenza di vecchie cose

kW: kilowatt

kWh: kilowattora

l: litro

Li-ion: ioni di litio

MCI: motore combustione interna

MIT: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

Ni-Cd: nichel-cadmio

Ni-Mh: nichel-metallo idruro

NO_x: Ossidi di azoto

Pb: piombo

PEV: *plug-in electric vehicles*

PHEV: *plug-in hybrid electric vehicles*

PLC: *Power line communication*:

Plug&Charge: metodo di autenticazione/attivazione remota

PM_x: Particolato

PNIRE: Piano Nazionale Infrastrutturale per la ricarica dei veicoli alimentati ad energia elettrica

PWM: Pulse Width Modulation

RANGE ANXIETY: ansia da limitata autonomia delle batterie degli EV

SO_x: Ossidi di zolfo

SOC: stato di carica

SOD: stato di scarica

TCO: *total cost of ownership*

V: volt; VE: veicolo elettrico

V2G: Vehicle to grid

2G: modello open meter

µm: micro metro

Bibliografia

- [1] https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_the_electric_vehicle
- [2] Verso la e-mobility: le sfide da affrontare, FIA, European Bureau,
- [3] Discorso di Leonardo Di Caprio alla consegna degli oscar, 2016
- [4] http://motori.corriere.it/motori/attualita/17_luglio_06/francia-solo-auto-elettriche-2040.shtml
- [5] HEV Veicoli Elettrici Ibridi, EDLab Report 2009.01., Autori: Ing. Andrea Compri
- [6] <https://www.alvolante.it/approfondimenti/green/componenti-1>
- [7] Auto elettrica, la guida completa: principi-funzionamento-gestione, Giovanni De Michele, libri Sandit
- [8] <https://www.pirelli.com/global/it-it/road/batterie-auto-elettriche-un-mondo-in-continua-Evoluzione>
- [9] Guida all'auto ecologica, i prodotti di oggi e le idee per il futuro, Roberto Rizzo, Edizione Ambiente
- [10] <https://www.ideegreen.it/batterie-auto-elettriche-37724.html>
- [11] Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 modificato dal d.lgs. n. 128 del 2010
- [12] E-MOBILITY REVOLUTION: Gli impatti sulle filiere industriali e sul sistema-Paese: quale Agenda per l'Italia, The European House, Ambrosetti, Enel
- [13] L'e-mobility. Mercati e policies per un'evoluzione silenziosa, Enel foundation, Egea
- [14] https://www.tesla.com/it_IT/about
- [15] Dati Global EV Outlook 2016, International Energy Agency
- [16] SEN 2017 - Documento di consultazione, giugno 2017; Senato della Repubblica, Atto n. 1015 – Mobilità sostenibile, Ministero dello Sviluppo Economico e Ministero dell'Ambiente
- [17] www.mit.gov.it/mit/site.php?p=cm&o=vd&id=2718
- [18] <http://www.rinnovabili.it/miniguide/>

- [19] <https://www.wired.it/gadget/motori/2017/03/10/come-scegliere-auto-elettrica/>
- [20] <http://www.driwe.eu/soluzioni/driwe-mobility/>
- [21] Libro bianco sull'auto elettrica: Facciamo la E-mobility, CEI, CIVES, Start magazine
- [22] Sistema di ricarica conduttiva dei veicoli elettrici, Parte 1: prescrizioni generali, Norma CEI EN 61851-1
- [23] www.tecnolario.spa
- [24] <https://www.voltaware.com/how-it-works>
- [25] <https://www.python.it/about>
- [26] Open Meter: piano di Messa in Servizio del sistema di smart metering 2G (PMS2), e-distribuzione
- [27] Sistemi di misura dell'energia elettrica - Comunicazione con i dispositivi utente. Parte 2: Modello dati e livello applicativo, Normativa CEI 13-83
- [28] Sistemi di *smart metering* di seconda generazione per la misura di energia elettrica in bassa tensione, documento per la consultazione 416/2015/r/eel

