



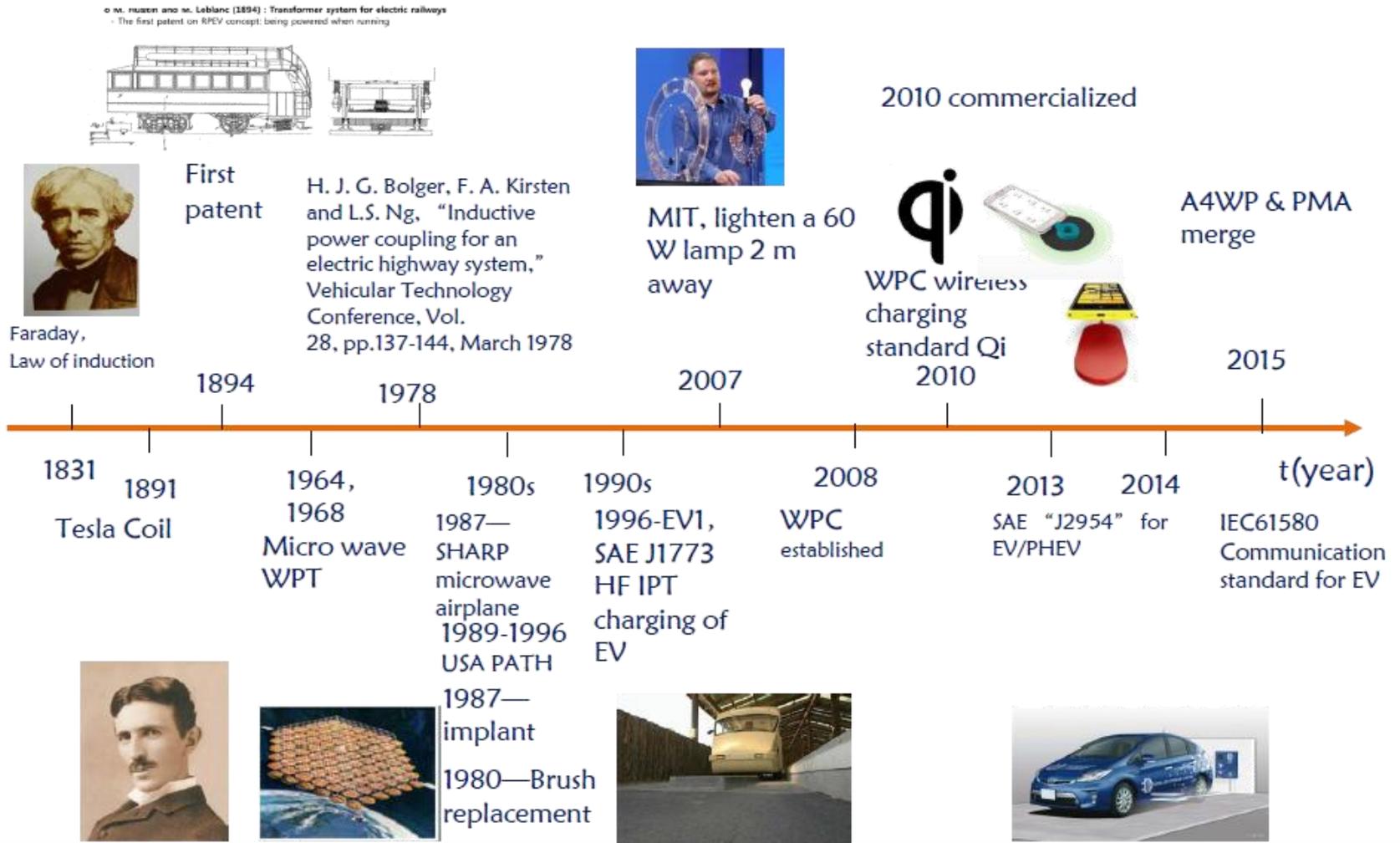
POLITECNICO
MILANO 1863

Sistemi di Ricarica Wireless

Michela Longo

Milano, 24 Novembre 2017

Roadmap del Wireless Power Transfer

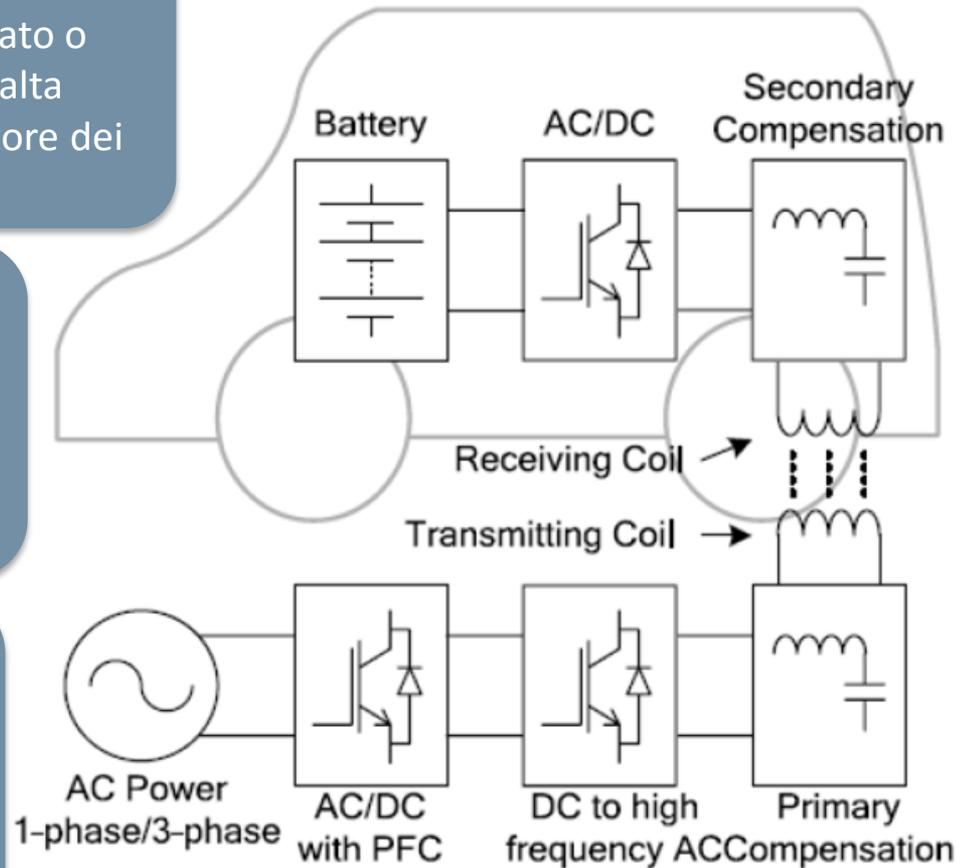


Funzionamento del sistema di ricarica

Dalla rete si raddrizza la corrente con un convertitore AC/DC generalmente controllato o non controllato, quindi con un inverter ad alta frequenza si produce la corrente per il settore dei trasporti a massimo 100 kHz.

A questo punto si può inserire o meno un trasformatore di isolamento per ragioni di sicurezza, in modo da prevenire danni sul sistema di trasmissione vero e proprio formato da bobine, che vengono poste immediatamente a valle del trasformatore.

Quindi la bobina al lato primario produce un campo, che viene raccolto dalla bobina sul lato secondario, dove viene indotta una tensione che viene successivamente raddrizzata e resa disponibile al sistema di controllo del pacco batterie.



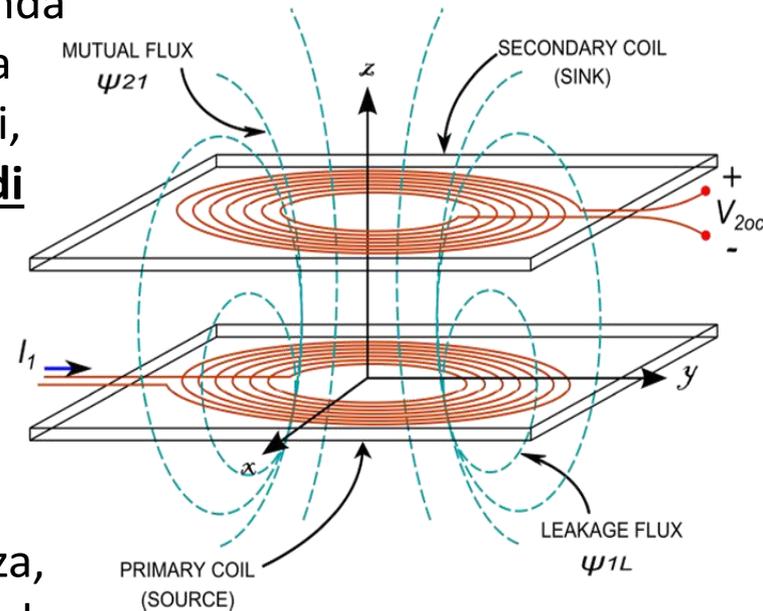
Design del sistema

Per trasferire potenza senza fili si necessita di almeno due bobine magneticamente accoppiate, una al lato sorgente (primario) e una al lato ricevente (secondario). A seconda delle applicazioni, il primario può essere progettato sia sotto forma di *pad* che di veri e propri binari magnetici, con elevati **coefficiente di accoppiamento k** e **fattori di qualità Q** .

$$0 < k < 1$$

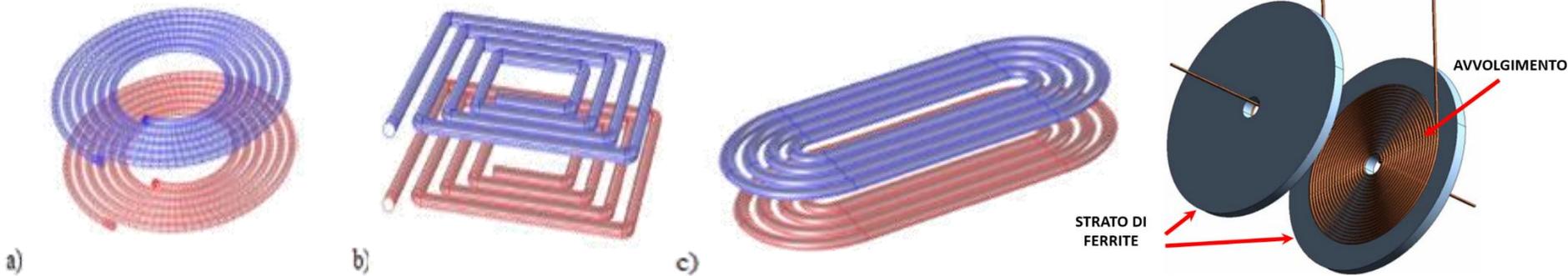
$$Q = \frac{\omega_0 L}{R}$$

Generalmente, per una struttura data, maggiore è il rapporto della dimensione dei *pad* rispetto alla distanza, maggiore sarà k ; più spessi sono il filo e l'eventuale nucleo in ferrite, migliore sarà il Q . La difficoltà risiede nel trovare il giusto compromesso tra dimensioni e costi del sistema e la sua efficienza.

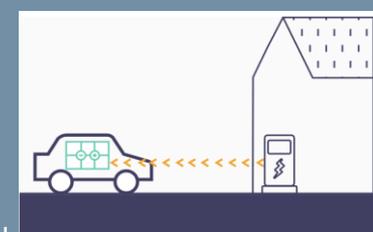


Design del sistema

- Il fattore di qualità è influenzato proporzionalmente dalla frequenza di risonanza scelta, tuttavia questa non può essere troppo grande per due principali ragioni:
 - Velocità di commutazione
 - Emissione delle onde elettromagnetiche
- Il fattore di qualità, tuttavia, è fortemente influenzato dal design delle bobine, che risulta essere l'elemento principe per ottenere i migliori rendimenti, quindi la geometria delle stesse deve essere curata con particolare attenzione per ottimizzare l'intero sistema di trasmissione.

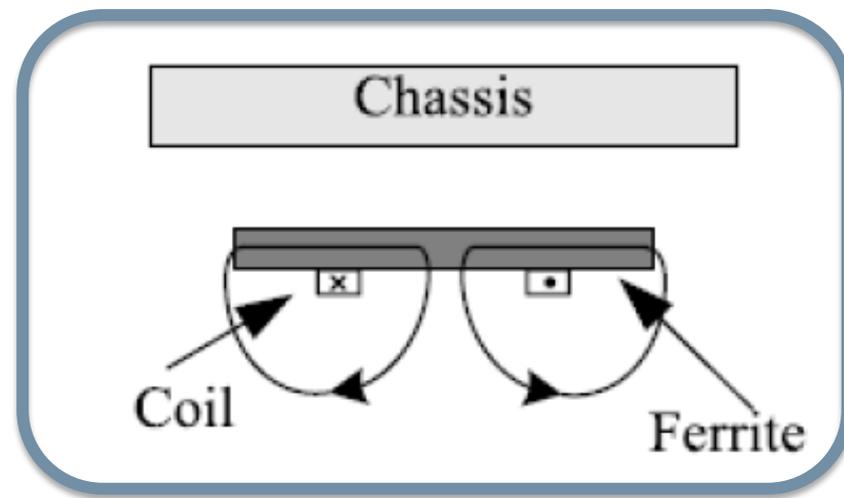
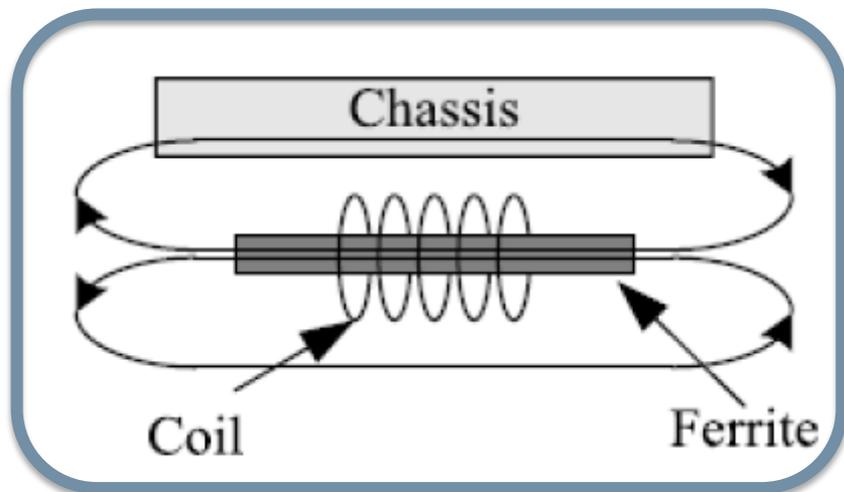


Ricarica Stazionaria



Agli albori di questa tecnologia le bobine utilizzate erano sostituite da semplici nuclei di trasformatori opportunamente divisi, ma ciò non garantiva la trasmissione oltre a spazi veramente esigui. Per ovviare questo problema si è ricorso a diverse soluzioni, giungendo infine a quello che rappresenta lo standard moderno della tecnologia: il **pad**.

I vari sistemi di bobine accoppiate possono essere suddivisi in base alla distribuzione del Flusso magnetico nell'area di interesse a seconda che sia *single* o *double sided*.

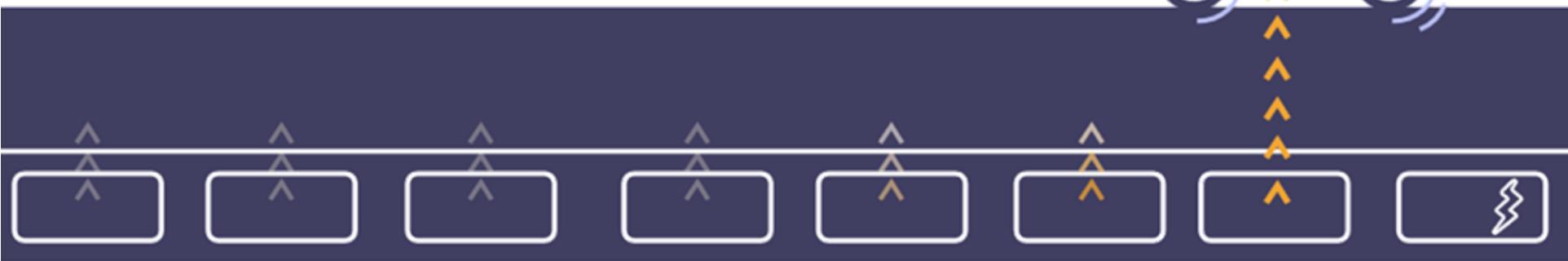


Ricarica stazionaria



Ricarica in movimento

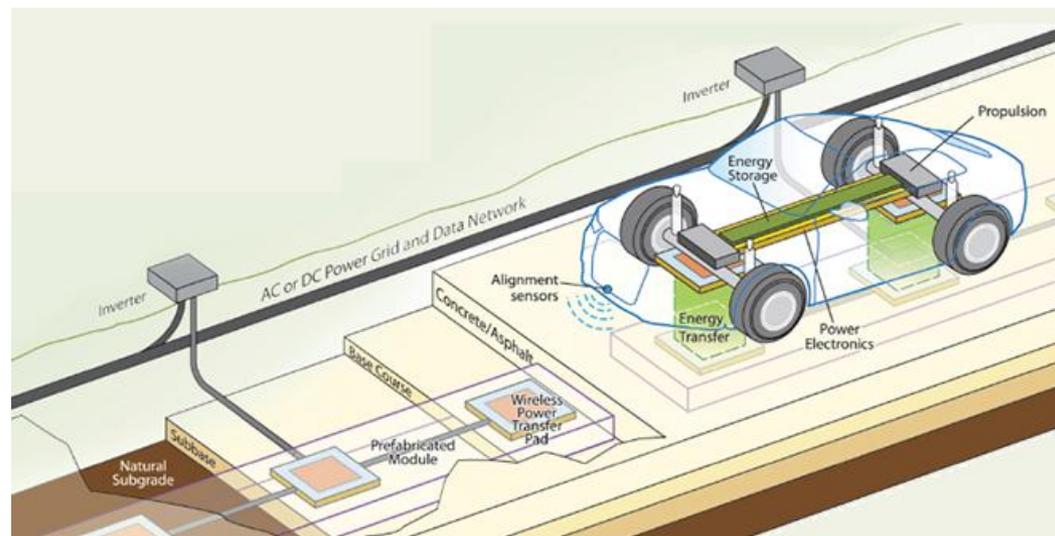
La ricarica dinamica è un metodo per alimentare i veicoli elettrici durante la marcia degli stessi, è chiamata anche OLEV (On-Line Electric Vehicle). Si tratta di un sistema che permette di ridurre la capacità delle batterie garantendo una buona autonomia.



Ricarica in movimento

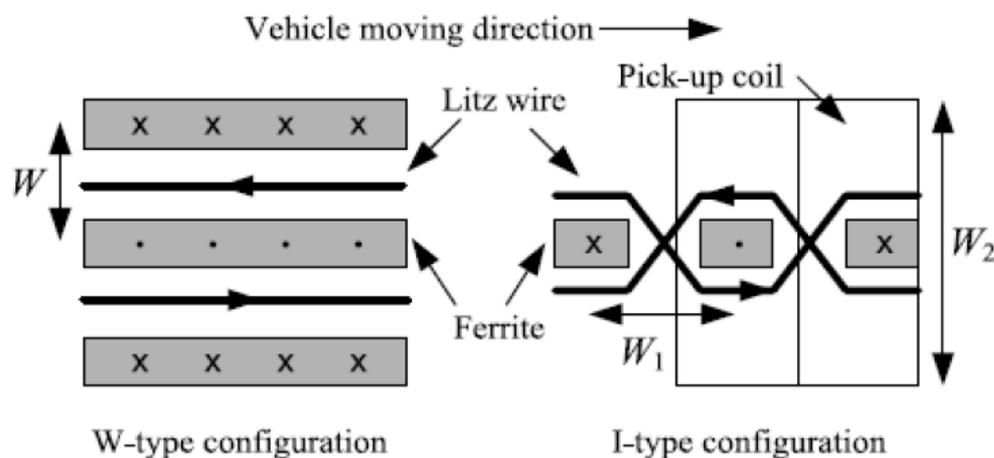
Il sistema è formato da un apparato ricevitore posto sotto al veicolo e da un emettitore interrato nel manto stradale, prevenendo così qualsiasi atto di vandalismo. Esistono due principali vie per quella che, di fatto, è una vera e propria alimentazione del veicolo, come un classico pantografo:

- il primo è rappresentato da una linea continua di trasmissione
- il secondo dall'implementazione in serie dei pad utilizzati per la carica stazionaria.



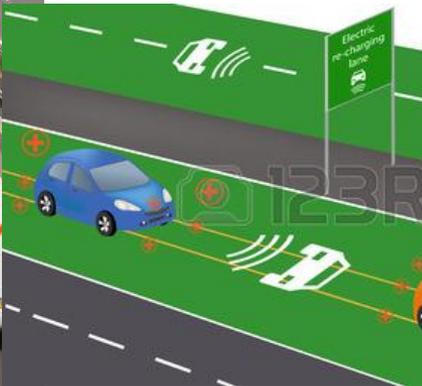
Ricarica in movimento

La linea può essere costituita semplicemente da due conduttori oppure può adottare dei nuclei in ferrite di diversa forma, U, W o I, al fine di canalizzare al meglio il Flusso.



La distanza massima per la trasmissione di potenza e il disallineamento sostenibile sono determinati dalla distribuzione dell'area della ferrite a W, quindi la totale larghezza della stessa dovrà essere almeno 4 volte la distanza dal *pad* riceettore.

Ricarica Wireless Dinamica

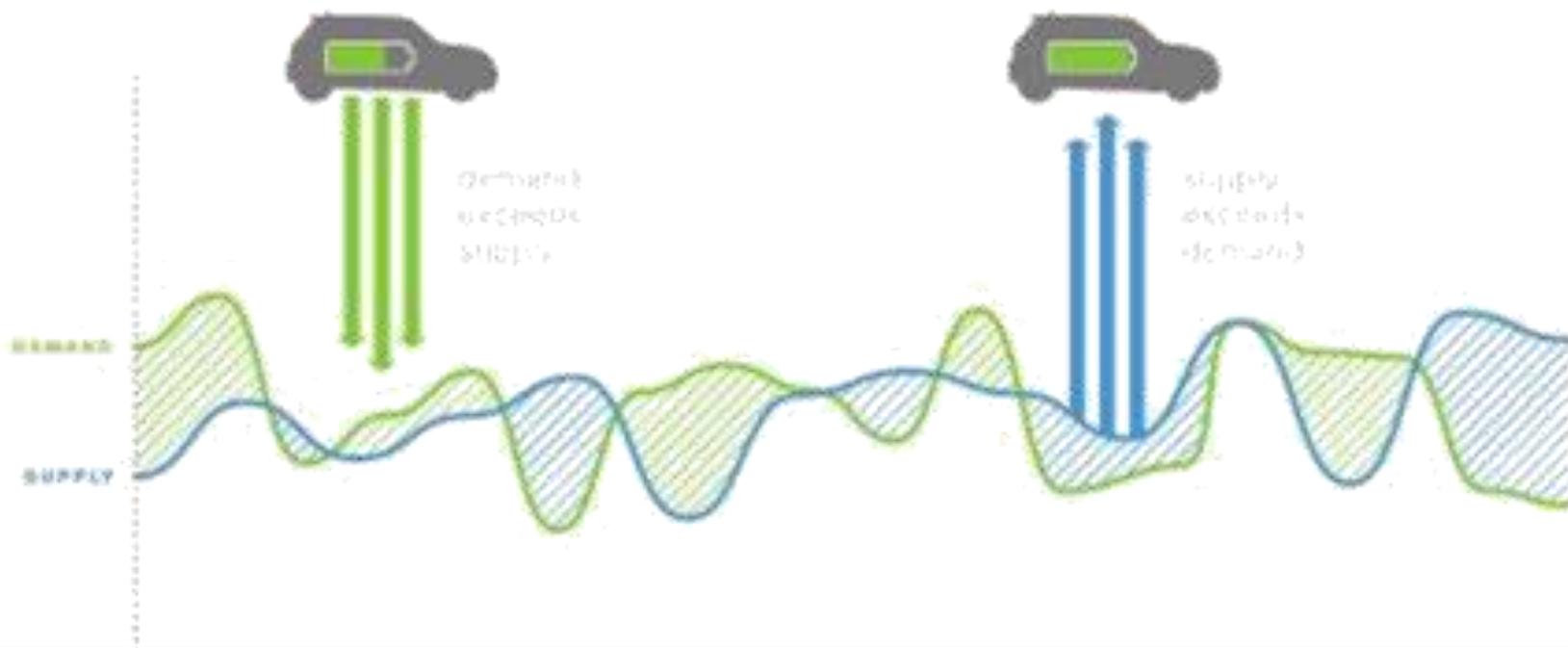


- La trasmissione di potenza wireless dal punto di vista della sicurezza rappresenta un passo in avanti rispetto ai tradizionali metodi di trasmissione, in quanto *esclude il pericolo di folgorazione in caso di contatto*.
- Tuttavia, presenta il sostanziale *problema delle emissioni elettromagnetiche* poiché produce un campo elettromagnetico ad alta frequenza fra le due bobine accoppiate.
- Questo campo, che è a fondamento dell'intero sistema non può essere schermato e, a causa della distanza presente, non viene perfettamente concatenato causando un alto campo disperso. Quindi, deve essere verificato per ogni singolo sistema se il campo non accoppiato soddisfa o meno i regolamenti in materia di sicurezza dei vari Paesi.
- Le parti metalliche garantiscono una schermatura sia interna della che nelle immediate vicinanze. Mentre materiali compositi o fibra di carbonio necessitano di parti metalliche per schermare.



Vehicle to Grid

Un altro interessante aspetto del WPT è la sua possibile bidirezionalità, la trasmissione sia dalla rete alla vettura che viceversa, aprendo scenari di maggiore efficienza per il sistema elettrico. Infatti, la fruibilità di questo sistema si integrerebbe perfettamente nelle Smart Grid.



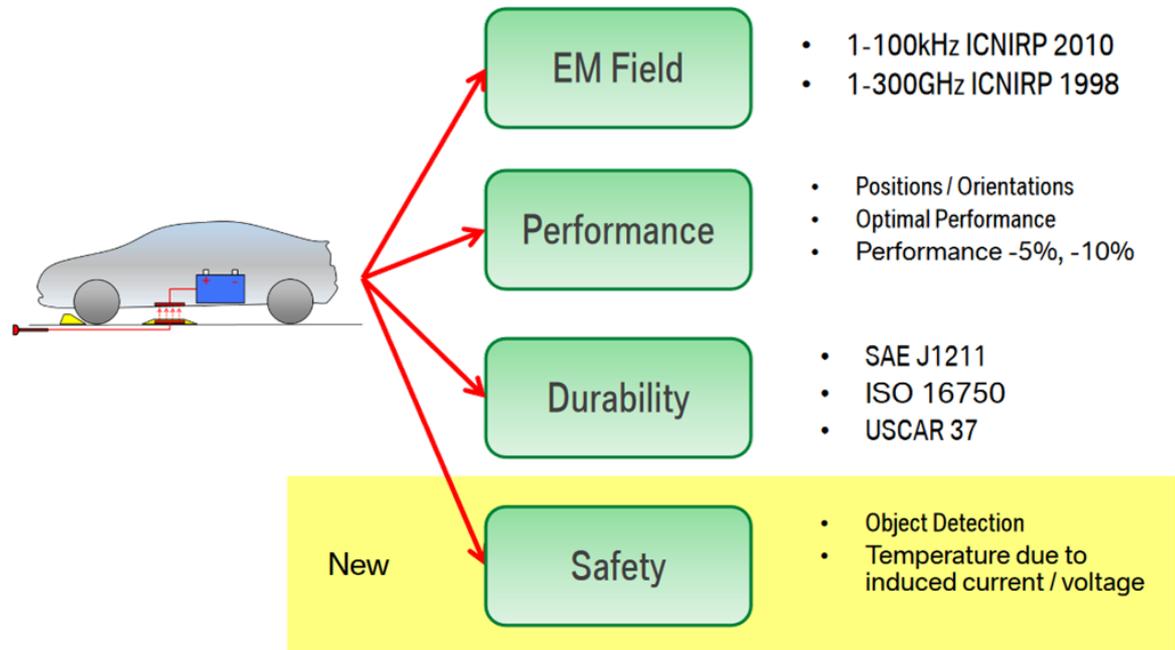
Comunicazione Wireless

- Un passo avanti in questo senso è rappresentato dal sistema di comunicazione di cui dovrebbero essere dotati tutti i veicoli, per poter dare un feedback ai sistemi di controllo.
- Più in particolare, si necessita di sapere lo stato di carica del pacco batterie per poter regolare il flusso di potenza dalla rete al veicolo.
- Ci son due principali metodi per trasmettere il segnale:
 - se è modulato con la trasmissione della potenza
 - se è a frequenze completamente diverse.



SAE International J2954™

- Determinare i criteri minimi di rendimento per la ricarica (Efficienza)
- Sviluppare criteri di sicurezza anche coordinandosi con raccolta di dati
- Sviluppare un protocollo di test per la sicurezza e le prestazioni di ricarica wireless
- Sviluppare un'interfaccia comune per la ricarica del veicolo (interoperabilità)
- Sviluppare il protocollo e determinare i mezzi di comunicazione



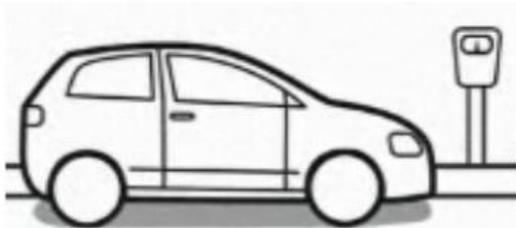
Normativa

| | | Classification (example for discussion) | Power Class | | |
|---|----------------------|---|---|-----------------------------|--|
| | | | WPT1 L.D. Home | WPT2 L.D. Fast Charge | WPT3 Bus |
| A | EVSE: Transmitter | Maximum EVSE Power Source | 3.6 kW | 19.2 kW | 150 kW |
| | | Min. Efficiency at Rated Power* (Grid to Battery Input>*SAE J2954/ SAE Standard Test with defined Equipment and Ground Clearance Category) | 90% | 90% | 90% |
| B | | Coil / Field Specification (see study) | TBD (Options 1-4) | | TBD (Options 1-4) |
| C | | Frequency | <i>One Frequency for Interoperability</i> | | |
| | | Communications/ Alignment | DSRC/RFID | DSRC/RFID | DSRC/RFID |
| D | | Coil Location in Parking Space (more for buses) | Center Axis of Vehicle/Y direction TBD | | Center Axis of Vehicle/ Y direction TBD |
| E | | Coil Location on vehicle (more for Bus only) | Center Axis of Vehicle/Y direction TBD | | Center Axis of Vehicle/ Y direction TBD |
| F | Vehicle: Receiver | Receiver Coil must be compatible within Power Classes | TBD (Options 1-4) | | TBD (Options 1-4) |
| | | Required Tolerance Primary Coil to Secondary Coil Misalignment | Lateral TBD (X,Y) | Lateral TBD (X,Y) | Lateral TBD (X,Y) |
| | | Communications / Alignment | DSRC/RFID | DSRC/RFID | DSRC/RFID |
| G | | Vehicle Category ? Ground Clearance (e.g. VDE M1=120mm) | M1, N1 | M2, N2 | M3, M3 |
| H | | Ground Clearance Tolerance | M1=Z +/-, TBD | TBD | TBD |

Sviluppo della Ricarica Wireless

Government Organizations:

- US DOE, US EPA, US National Laboratories: ANL, ORNL, EDL,INL
- JARI (Japan)
- EPRI
- Kaist (Korea)
- University of Tennessee
- UL (presently low power IPT)
- TÜV North America
- US DOT



Auto OEMs:

- Audi
- BMW
- Chrysler
- Coda
- Daimler
- Fisker
- Ford
- GM
- Honda
- Mitsubishi
- Nissan
- Phoenix
- Toyota



Bus OEMs:

- BYD
- Gillig
- Proterra
- Volvo



Conclusioni

- Sicurezza e comodità;



- Nessun impatto negativo sul paesaggio urbano;



- Automazione del processo di ricarica;



- *Range anxiety*;



- "Diminuzione della capacità delle batterie".



Grazie per l'attenzione