

---

# I VEICOLI ELETTRICI PER UN SISTEMA DI TRASPORTI ECOCOMPATIBILE: le tecnologie di oggi e le prospettive di ricerca

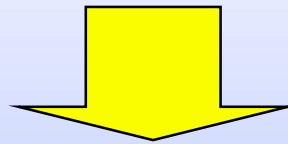


Prof. Ing. Domenico Casadei  
Dipartimento di Ingegneria Elettrica  
Università degli Studi di Bologna

## Progetti di ricerca sui veicoli elettrici

---

- ❑ Presso il Dipartimento di Ingegneria Elettrica dell' Università degli Studi di Bologna sono in corso una serie di ricerche che hanno per oggetto i sistemi di propulsione elettrica ed i sistemi di accumulo di energia.
- ❑ Nella nostra Regione esistono alcune aziende che operano nel settore della trazione elettrica su gomma da diversi anni, e che hanno consolidato un'ampia esperienza e professionalità.



è nata l'idea di una collaborazione

# Progetti di ricerca sui veicoli elettrici

---

Il MURST ha finanziato nel 1997 un progetto di interesse nazionale dal titolo:

**“SOLUZIONI PER LA TRAZIONE ELETTRICA SU GOMMA  
NEL RISPETTO DELLA COMPATIBILITÀ  
ELETTROMAGNETICA ED AMBIENTALE:  
ANALISI ENERGETICHE E VALUTAZIONI ECONOMICHE”**

Università coinvolte:

- Bologna
- Catania
- Palermo
- Roma
- Torino

# Progetti di ricerca sui veicoli elettrici

---

Il Dipartimento di Ingegneria Elettrica dell'Università degli Studi di Bologna ha avuto il compito di realizzare un veicolo a trazione elettrica con caratteristiche particolari ed innovative.

Il titolo del progetto locale:

**“REALIZZAZIONE DI UN VEICOLO ELETTRICO  
MULTIFUNZIONALE PER USO CITTADINO OTTIMIZZATO  
DAL PUNTO DI VISTA ENERGETICO E DELL'EFFETTIVA  
UTILIZZAZIONE DELLE RISORSE“**

Coordinatore Scientifico Locale: Prof. MARIO RINALDI

Responsabile di Progetto: Prof. DOMENICO CASADEI

# Progetti di ricerca sui veicoli elettrici

---

Il progetto dell'Unità di Ricerca di Bologna è stato sviluppato in collaborazione con

Micro-Vett S.r.l. di Imola

Elettronica Santerno S.p.A. di Bologna

## Impieghi previsti

- Centri storici di città con forte presenza turistica, tour della città con possibilità di ampia visuale
- Mezzo di trasporto persone all'interno di vasti complessi turistici quali campeggi, residence, grandi alberghi
- Trasporto di persone e cose nelle isole turistiche e nei parchi protetti, ove si richiedono veicoli a basso impatto ambientale

# Progetti di ricerca sui veicoli elettrici



# Progetti di ricerca sui veicoli elettrici

---



# Caratteristiche del Calesse Elettrico

## **Telaio**

Allestimento

Carrozzeria

Numero di posti

## **Motore**

Tipo

Tensione nominale

Coppia nominale

Velocità massima

Potenza nominale

## **Inverter**

Tecnica di controllo

Corrente massima

Frequenza massima

## **Batterie**

Tipo

Capacità

Tensione

Energia immagazzinata

Carica rapida

## **Prestazioni**

Velocità massima

Autonomia in ciclo urbano

Massima pendenza superabile

Porter Piaggio

Micro-Vett S.r.l.

Aperta

2+4

Asincrono trifase

165 V

70 Nm (7,13 Kgm)

4500 giri/min

17,5 KW (23.7 CV) a 2.400 giri/min

Vettoriale sensorless a controllo di coppia

240 A

150Hz

ZEBRA nichel - sodio - cloruro

60 Ah

296 V

17,5 KWh

2 ore

70 Km/h

100 Km

18 %





# Progetti di ricerca sui veicoli elettrici

---

Alla luce dei risultati ottenuti il MURST ha finanziato nel 1999 un altro progetto di interesse nazionale dal titolo:

**“SISTEMA INTEGRATO CON VEICOLI A PROPULSIONE ELETTRICA PER LA MOBILITÀ COLLETTIVA E SINGOLA DEI DISABILI IN AMBIENTE URBANO”**

Università coinvolte:

- Bologna
- Catania
- Palermo
- Roma
- Torino
- Genova

# Progetti di ricerca sui veicoli elettrici

---

Il Dipartimento di Ingegneria Elettrica dell'Università degli Studi di Bologna ha avuto il compito di realizzare un veicolo a trazione elettrica per la mobilità del singolo.

Il titolo del progetto locale:

**“PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE DI UN VEICOLO  
ELETTRICO PER DISABILI, ATTREZZATO PER L'IMBARCO E  
LA SISTEMAZIONE DELLA CARROZZELLA  
AL POSTO DI GUIDA“**

Coordinatore Scientifico Locale: Prof. MARIO RINALDI

Responsabile di Progetto: Prof. DOMENICO CASADEI

# Progetti di ricerca sui veicoli elettrici

---

## Realizzazione di un veicolo elettrico sperimentale avente le seguenti caratteristiche:

- Sistema di apertura automatico con piattaforma mobile o rampa di imbarco della carrozzella azionabili dal disabile con telecomando
- Posizionamento ed ancoraggio della carrozzella al posto di guida
- Predisposizione dei comandi di guida per l'adattamento alle diverse necessità del disabile
- Carrozzeria di tipo originale con ottimizzazione dell'utilizzo degli spazi
- Predisposizione per sistema di monitoraggio remoto
- Sistema di propulsione basato sull'impiego di un azionamento in alternata
- Sistema di accumulo con batterie al piombo di tipo avanzato

# Progetti di ricerca sui veicoli elettrici

---

## Peculiarità del progetto:

Combinazione di tecnologie di avanguardia con tecnologie già consolidate

- al fine di realizzare un prodotto innovativo
- che sia compatibile con una produzione di serie
- e quindi ad un costo contenuto

# Enti ed Aziende coinvolte nel progetto



Università degli Studi di Bologna  
Dipartimento di Ingegneria Elettrica  
Unità operativa e coordinamento locale del progetto



Micro-Vett S.r.l.  
progettazione e realizzazione del sistema di propulsione



Elettronica Santerno S.p.A.  
Sviluppo industriale e realizzazione dell'azionamento elettrico



Laboratorio tecnologico di  
Telethon



Unione Italiana Lotta alla Distrofia Muscolare  
Sezione di Bologna, "Carlo e Innocente Leoni"

# Enti ed Aziende coinvolte nel progetto

---

## Nuovi partner del progetto



realizzazione del caricabatterie  
con equalizzazione



realizzazione del motore  
elettrico di propulsione

# Enti ed Aziende coinvolte nel progetto

---

## Nuovi partner del progetto

### **GRUPPO INDUSTRIALE TASSO**

*La TASSO s.r.l. è costituita da due divisioni operative: divisione carpenteria metallica e divisione automotive.*



*MEPLA s.r.l. opera da 10 anni nel campo della lavorazione delle materie plastiche, in particolare nel settore della termoformatura sottovuoto sia da lastra che da bobina*



*La G.A. PLAST s.r.l. è specializzata sin dal 1989, anno della sua costituzione, nel settore dello stampaggio ad iniezione di materie plastiche per componenti dell'industria meccanica, automobilistica ed elettronica*



# Progetti di ricerca sui veicoli elettrici

---

## *Dati tecnici*

<i>lunghezza</i>	<i>2,40 m</i>
<i>larghezza</i>	<i>1,40 m</i>
<i>altezza</i>	<i>1,70 m</i>
<i>raggio sterzata</i>	<i>3,4 m</i>
<i>imbarco carrozz.</i>	<i>posteriore (scivolo)</i>
<i>altezza da terra</i>	<i>0,20 m</i>
<i>peso veicolo vuoto</i>	<i>580 Kg</i>
<i>capacità carico</i>	<i>250 Kg</i>
<i>categoria veicolo</i>	<i>quadriciclo leggero</i>
<i>velocità</i>	<i>45 Km/h</i>
<i>autonomia</i>	<i>60 Km</i>
<i>capacità trasporto</i>	<i>solo carrozz.</i>



# Progetti di ricerca sui veicoli elettrici



**Veicolo Innovativo  
per una  
Vita Indipendente**



# Progetti di ricerca sui veicoli elettrici

---



# Progetti di ricerca sui veicoli elettrici

---



# Progetti di ricerca sui veicoli elettrici

## *Dati tecnici propulsore*

**Motore:** asincrono trifase

**Potenza nominale:** 4 kw (5,45CV) a 2.200 giri/min

**Tensione nominale:** 56 V

**Coppia nominale:** 17,5 Nm (1,74 kgm)

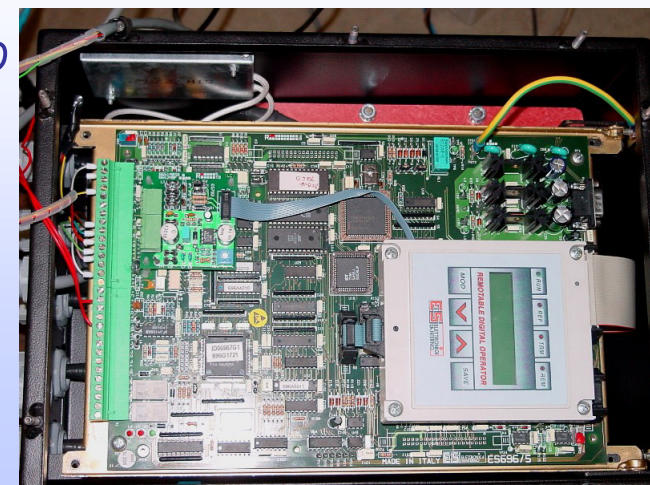
**Coppia massima:** 44 Nm (4,46kgm)

**Velocità massima:** 4500 giri/min

**Azionamento:** inverter trifase

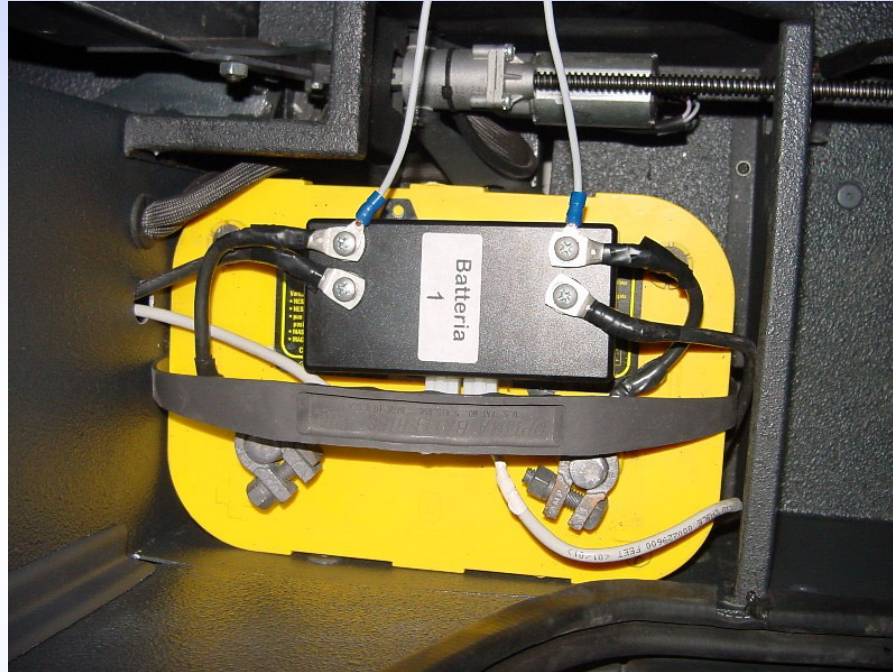
**Tecnica di controllo:** vettoriale sensorless a controllo di coppia (SFVC)

**Corrente massima inverter:** 250 A



# Progetti di ricerca sui veicoli elettrici

---



## *Dati tecnici batterie*

*Tipo accumulatori: piombo gel, ermetici, con elementi tubolari*

*Capacità nominale C5: 60Ah*

*Tensione nominale monoblocco: 12 V*

*Numero di monoblocchi: 8 , collegati in serie*

# Progetti di ricerca sui veicoli elettrici

---

## *PROSPETTIVE DI RICERCA*

- Le prospettive di sviluppo dei sistemi di propulsione e dei sistemi di accumulo sono incoraggianti
- I tempi di sviluppo di queste nuove tecnologie sono a breve e medio termine
- Le auto elettriche con batterie al piombo o con batterie di tipo innovativo sono oggi una realtà da cui non si può prescindere per lo sviluppo di un sistema di trasporti eco-compatibile

# Progetti di ricerca sui veicoli elettrici

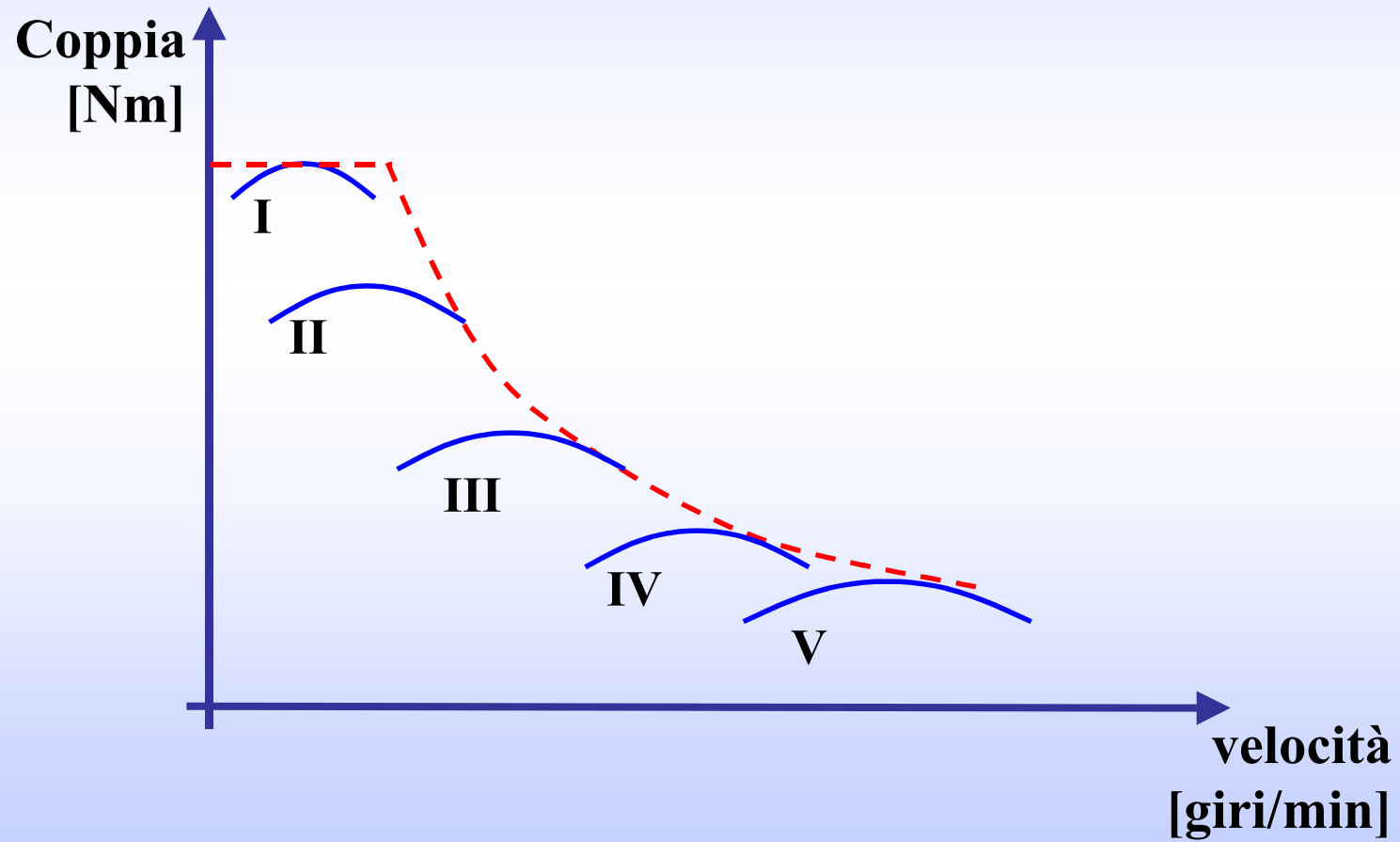
---

## *PROSPETTIVE DI RICERCA* *Sistemi di trazione elettrica*

- Motori brushless a magneti superficiali
- Motori brushless a rotore anisotropo
- Motoruota
- Motori sincroni a rotore avvolto

# Progetti di ricerca sui veicoli elettrici

## Caratteristiche di coppia per trazione elettrica stradale

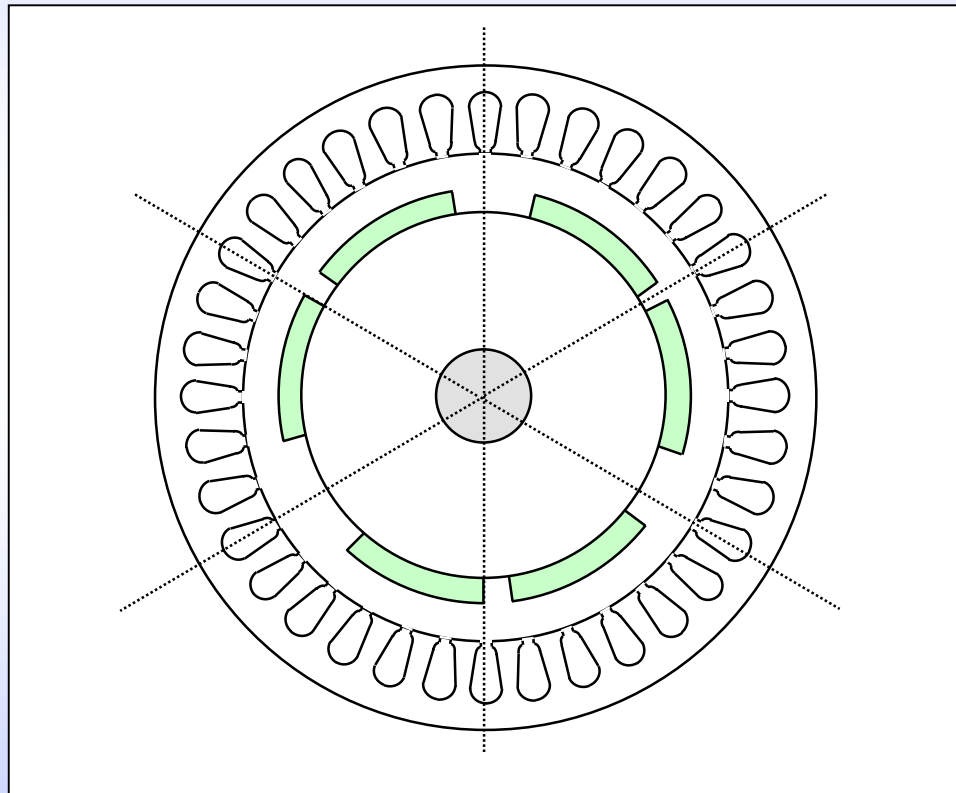




# Progetti di ricerca sui veicoli elettrici

---

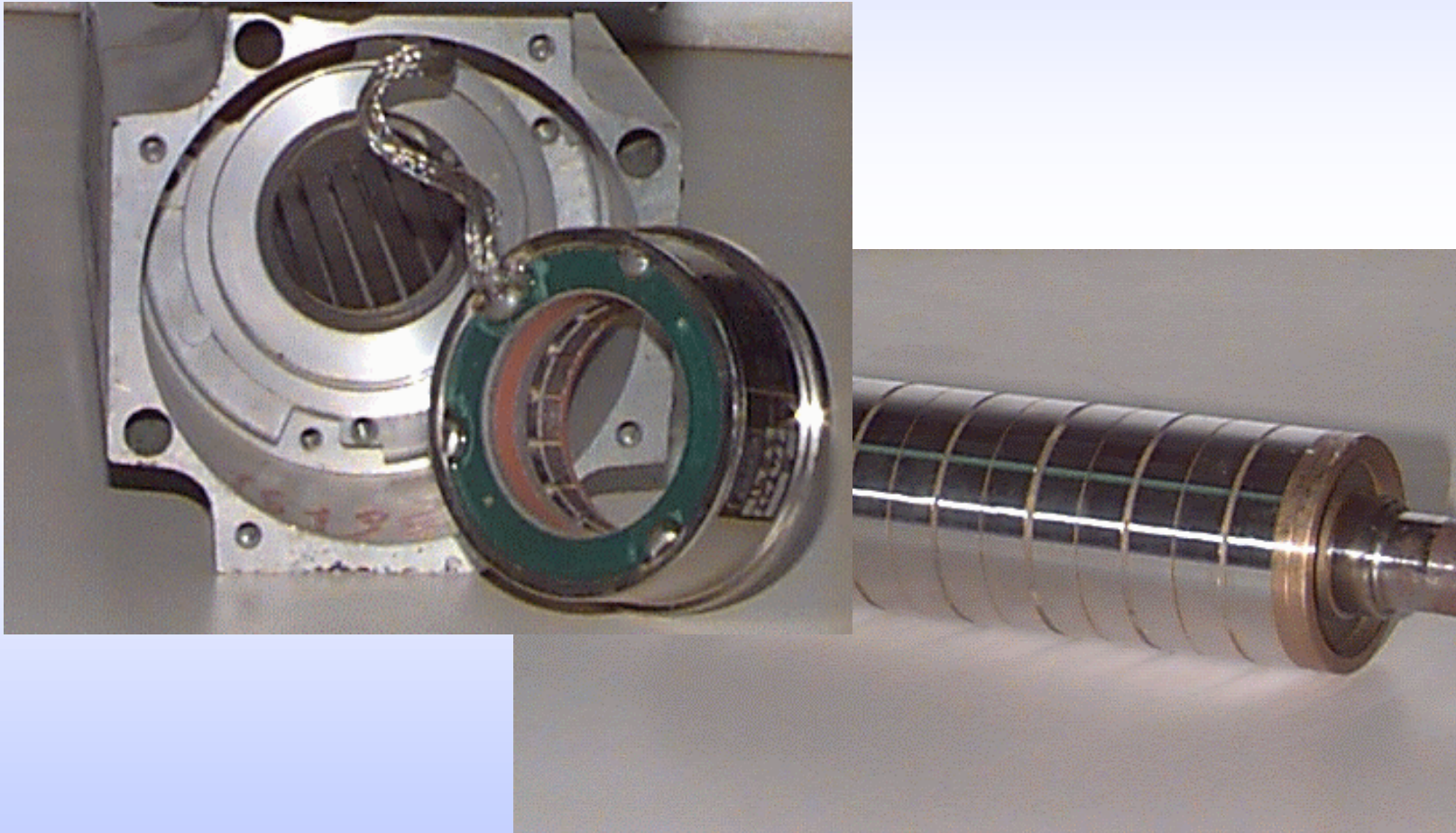
## *Motori brushless a magneti superficiali*



# Progetti di ricerca sui veicoli elettrici

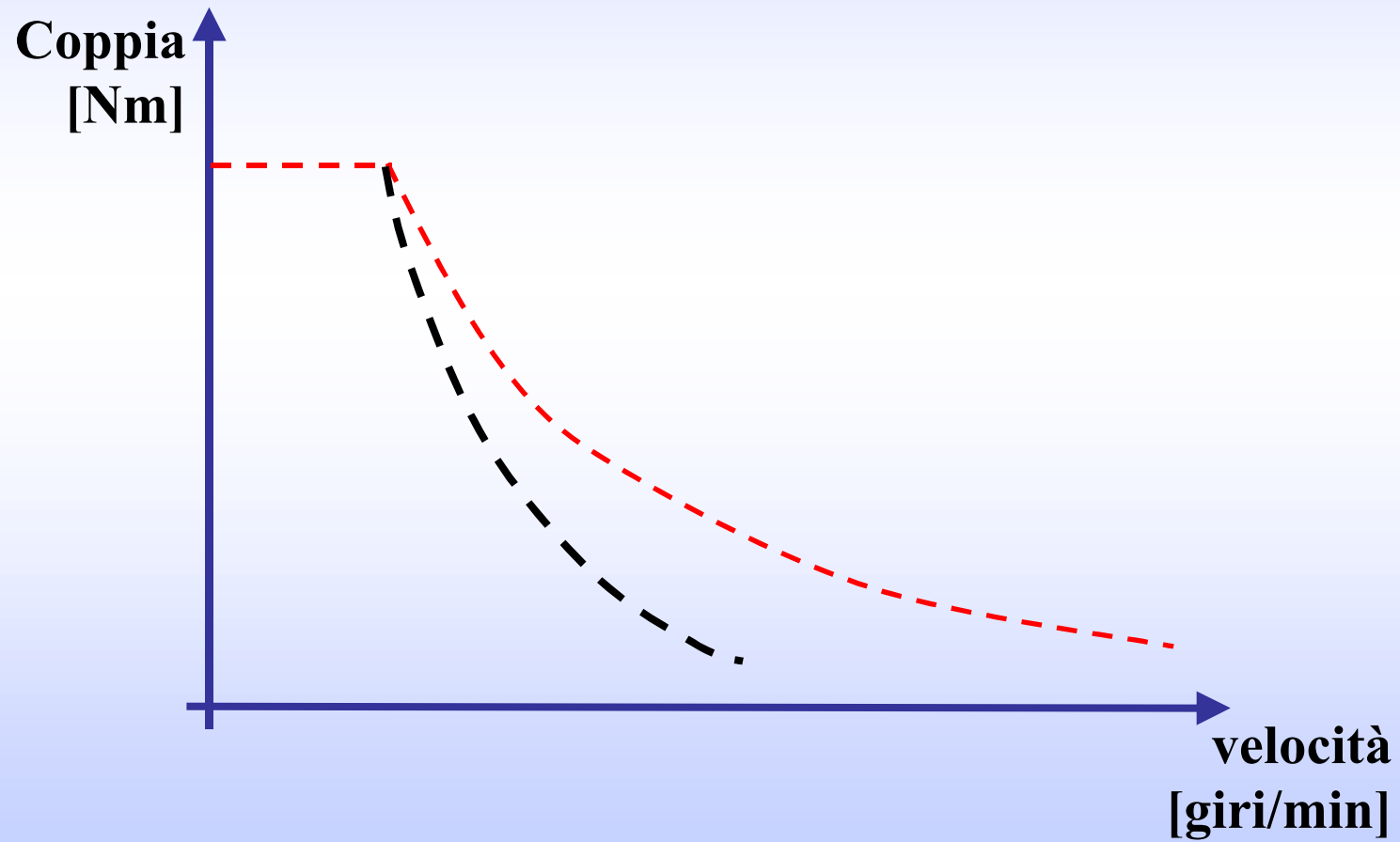
---

## *Motori brushless a magneti superficiali*



# Progetti di ricerca sui veicoli elettrici

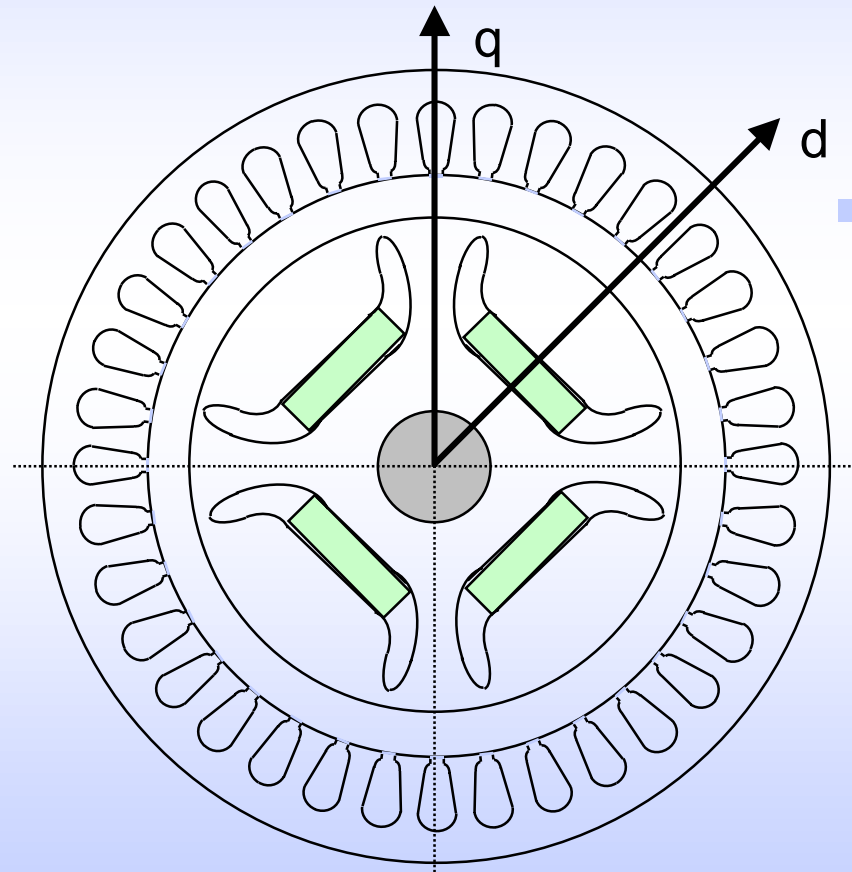
## *Motori brushless a magneti superficiali*



# Progetti di ricerca sui veicoli elettrici

---

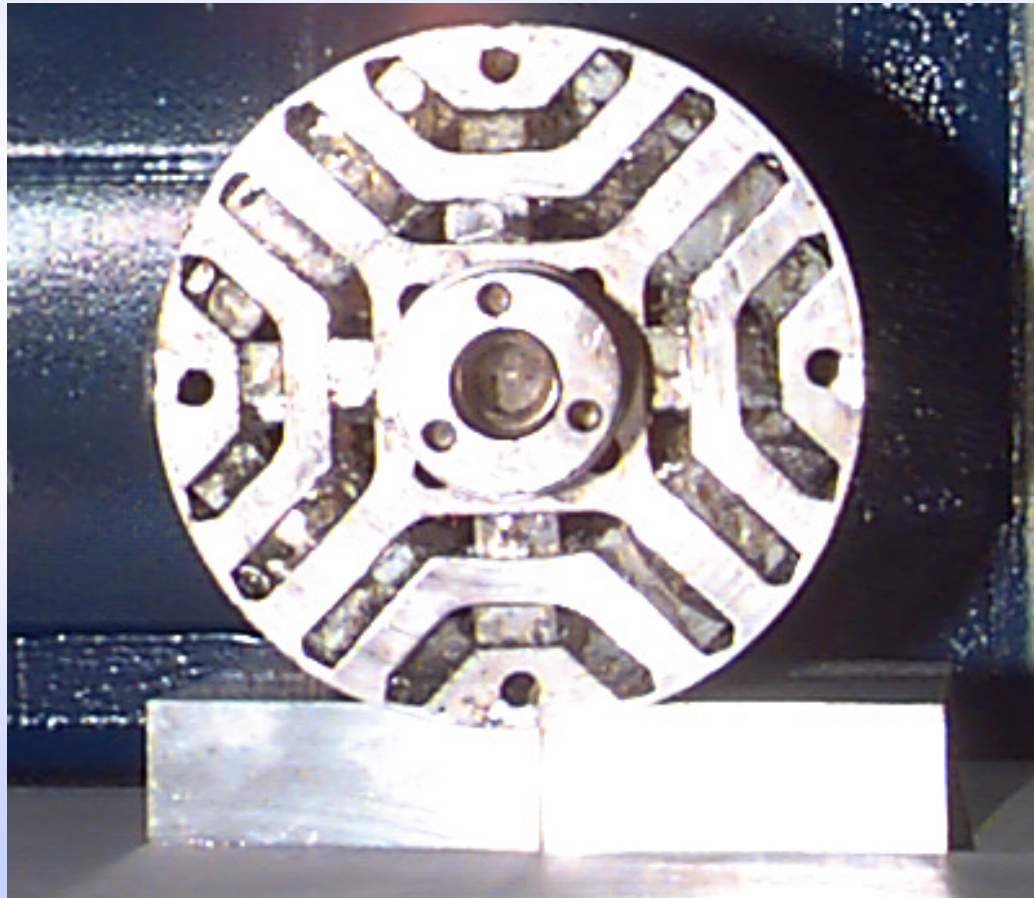
## *Motori brushless a rotore anisotropo*



# Progetti di ricerca sui veicoli elettrici

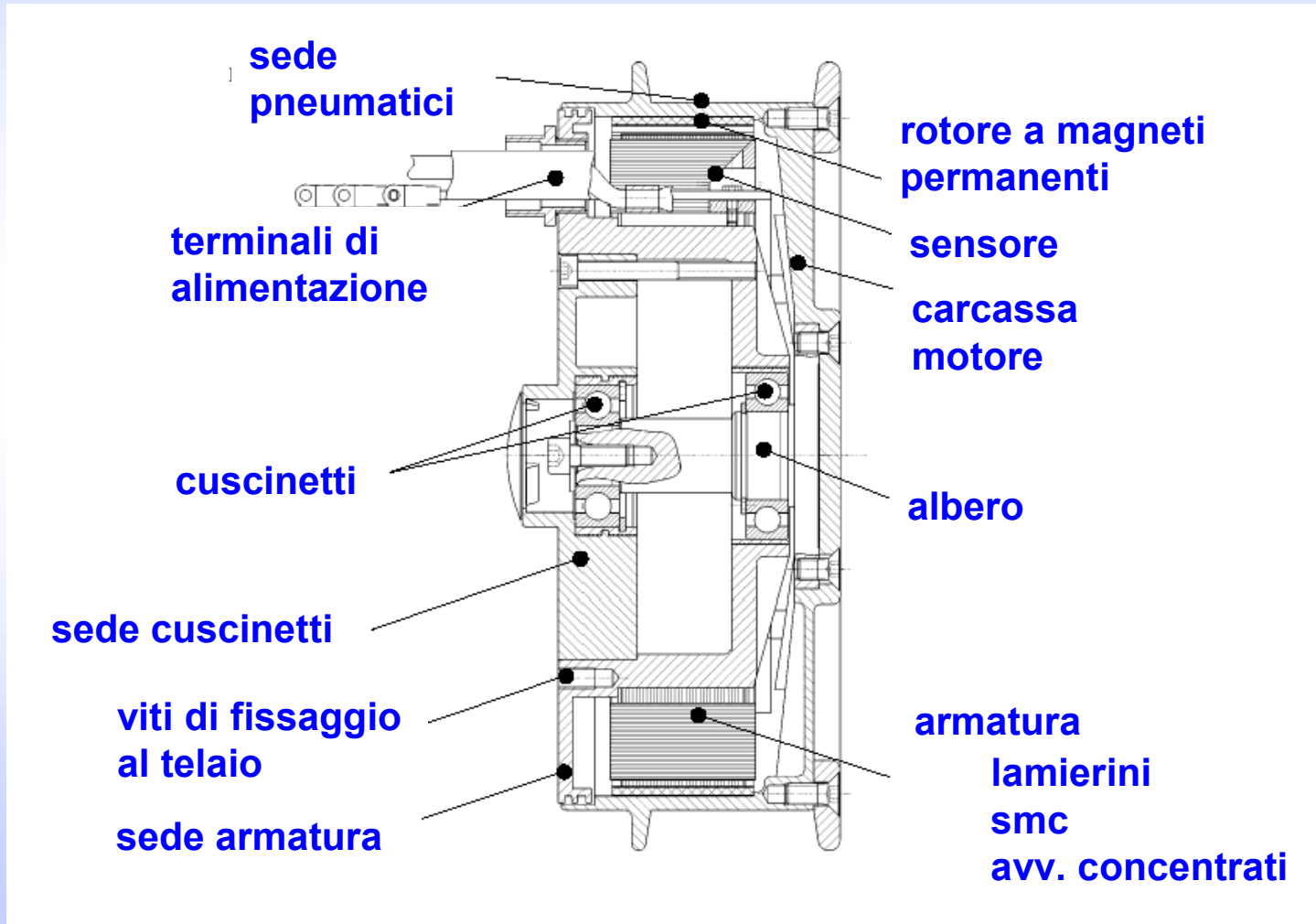
---

## *Motori brushless a rotore anisotropo*



# Progetti di ricerca sui veicoli elettrici

## *Soluzione con motoruota*



# Progetti di ricerca sui veicoli elettrici

---

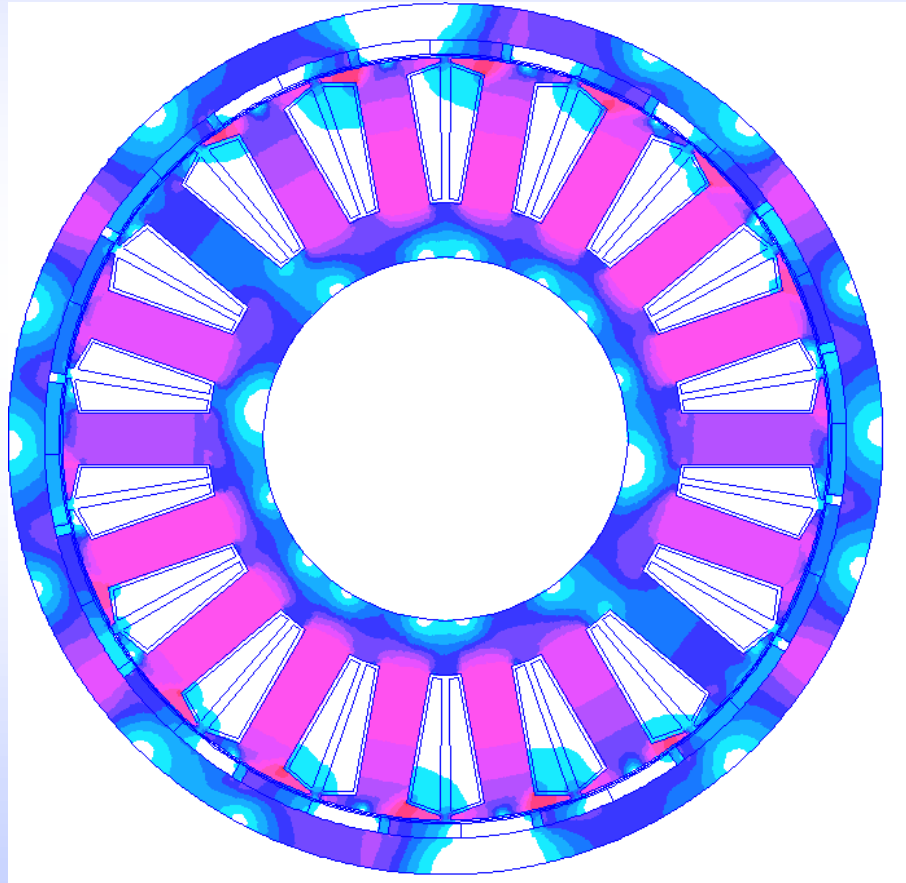
## *Motore brushless a flusso radiale per motoruota*



# Progetti di ricerca sui veicoli elettrici

---

## *Motore brushless a flusso radiale per motoruota*

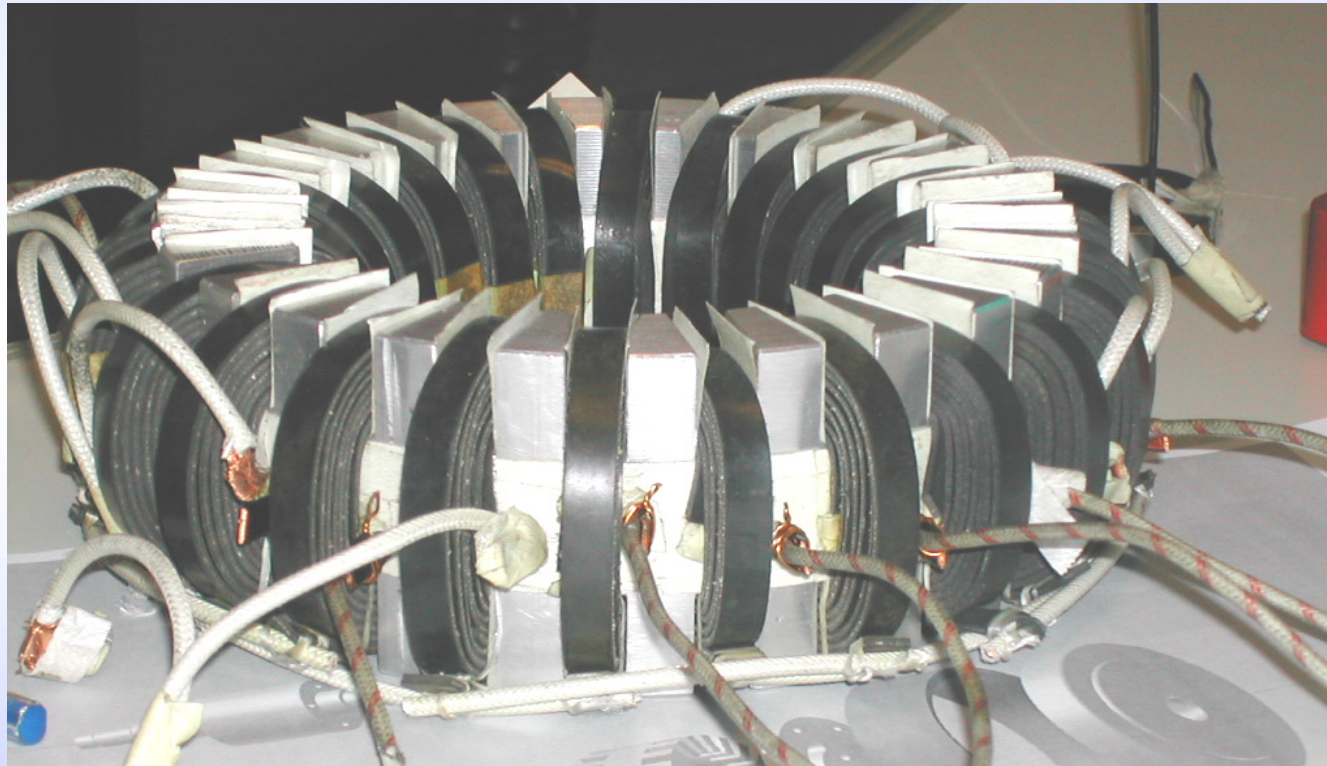




# Progetti di ricerca sui veicoli elettrici

---

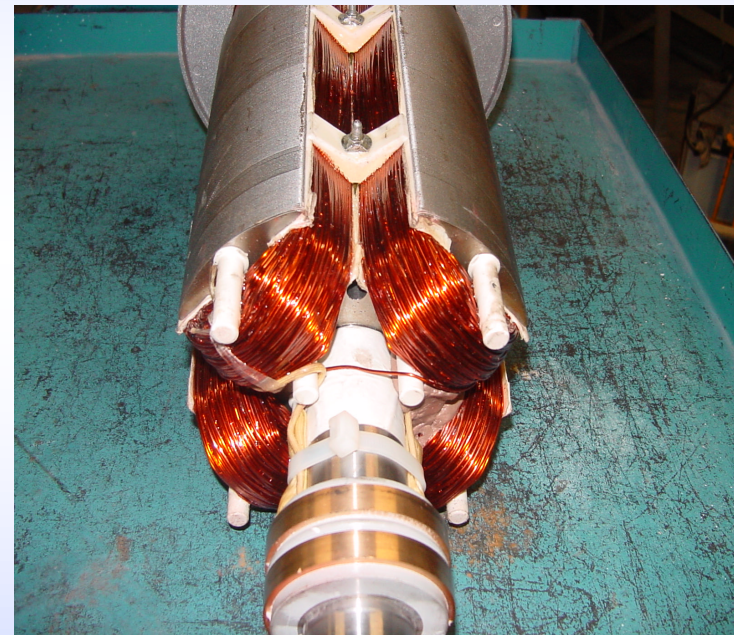
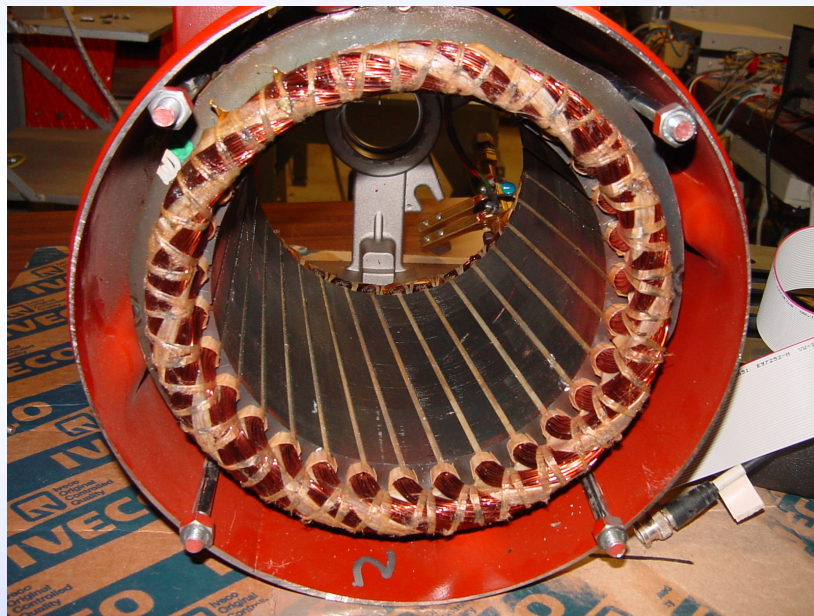
## *Motore brushless a flusso assiale per motoruota*



# Progetti di ricerca sui veicoli elettrici

---

## *Motore sincrono a rotore avvolto*



# Progetti di ricerca sui veicoli elettrici

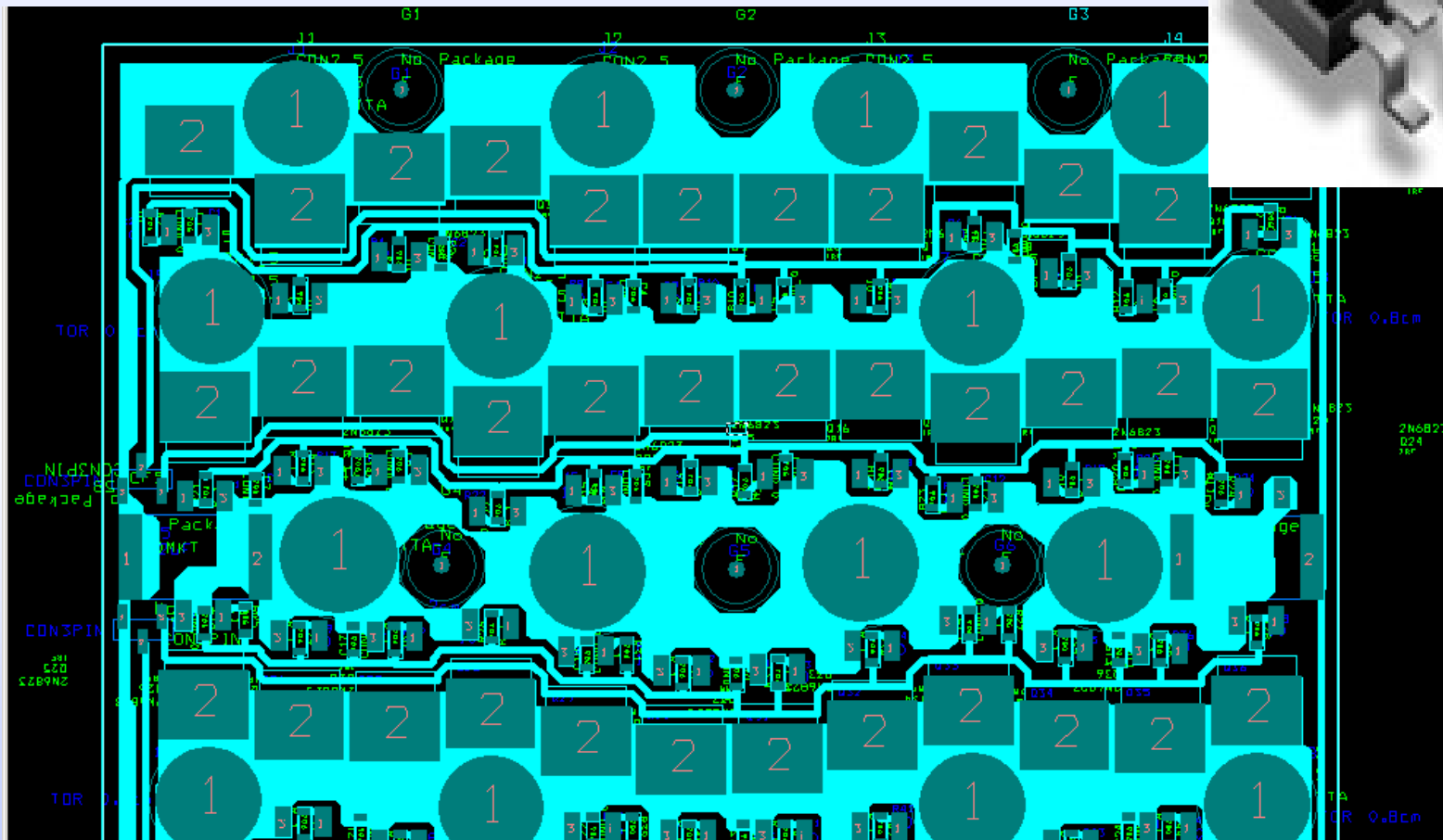
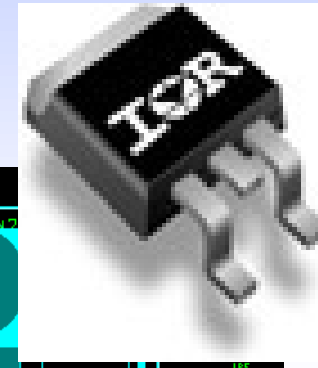
---

## *PROSPETTIVE DI RICERCA* *Convertitori statici di potenza*

- ❑ Sviluppo tecnologico degli interruttori statici
- ❑ Sviluppo di particolari soluzioni integrate che impiegano componenti di basso costo per applicazioni con alte correnti e basse tensioni

# Progetti di ricerca sui veicoli elettrici

## Stadio di potenza - convertitore



# Cella a combustibile PEM

<b>CELLA</b>	<b>ELETTROLITA</b>
<b>AFC</b>	<b>IDROSSIDO DI POTASSIO</b>
<b>PEM</b>	<b>MEMBRANA POLIMEIRCA</b>
<b>PAFC</b>	<b>ACIDO FOSFORICO LIQUIDO</b>
<b>MCFC</b>	<b>CARBONATO FUSO</b>
<b>SOFC</b>	<b>OSSIDO DI ZIRCONIO SOLIDO</b>

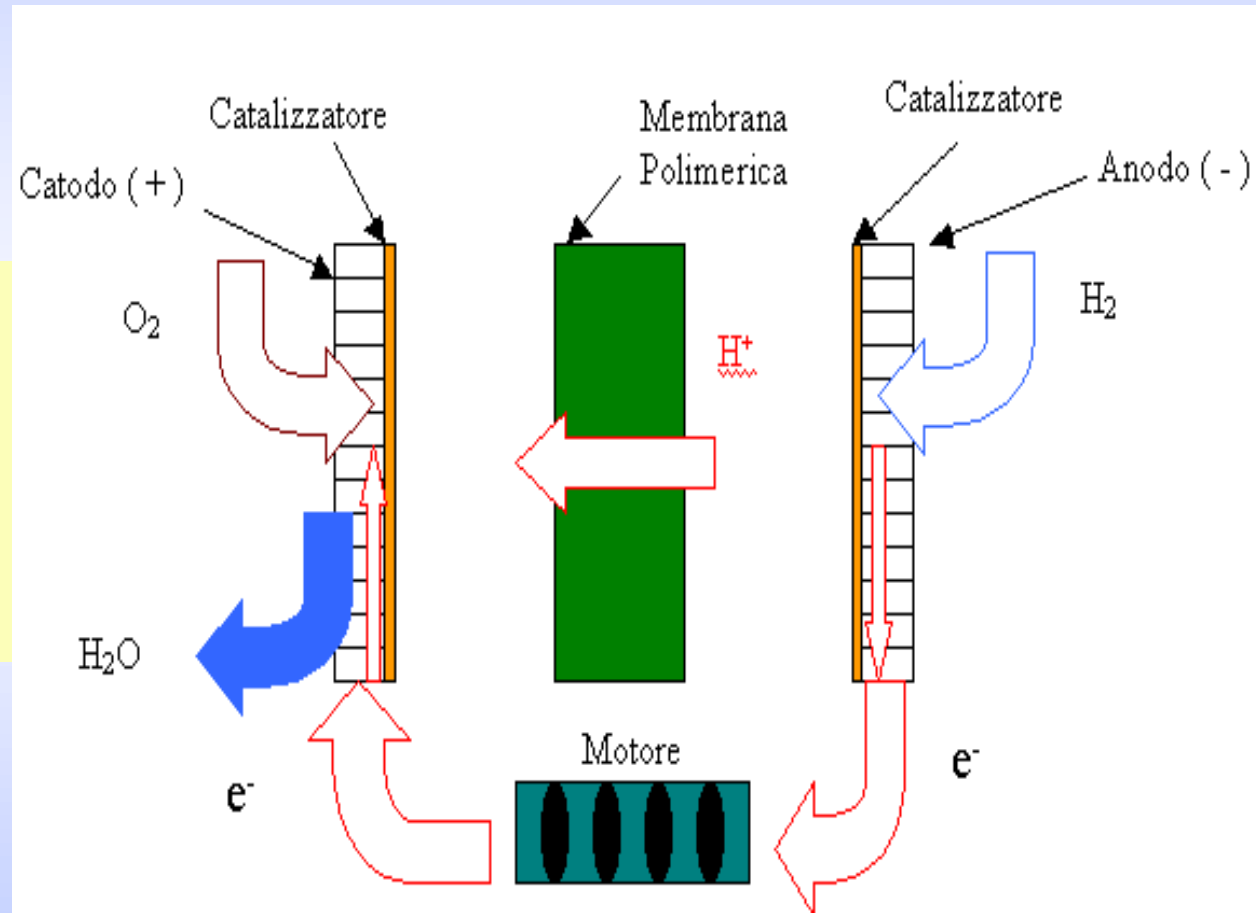
# Cella a combustibile PEM

---

- ❑ Bassa temperatura di funzionamento 60-80°C
- ❑ Elettrolita polimerico solido
- ❑ Anodo e catodo sono realizzati applicando una piccola quantità di platino nero a una sottile superficie di grafite porosa impermeabilizzata con Teflon

# Cella a combustibile PEM

- **Reazione anodica:**  
 $\text{H}_2 \rightarrow 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$
- **Reazione catodica:**  
 $\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$



# Stack di Fuel Cell PEM

---

**100 celle collegate in serie**

**Dimensioni: 250×180×550mm**

**Peso: 32kg**

**Potenza Elettrica: 5 kW**



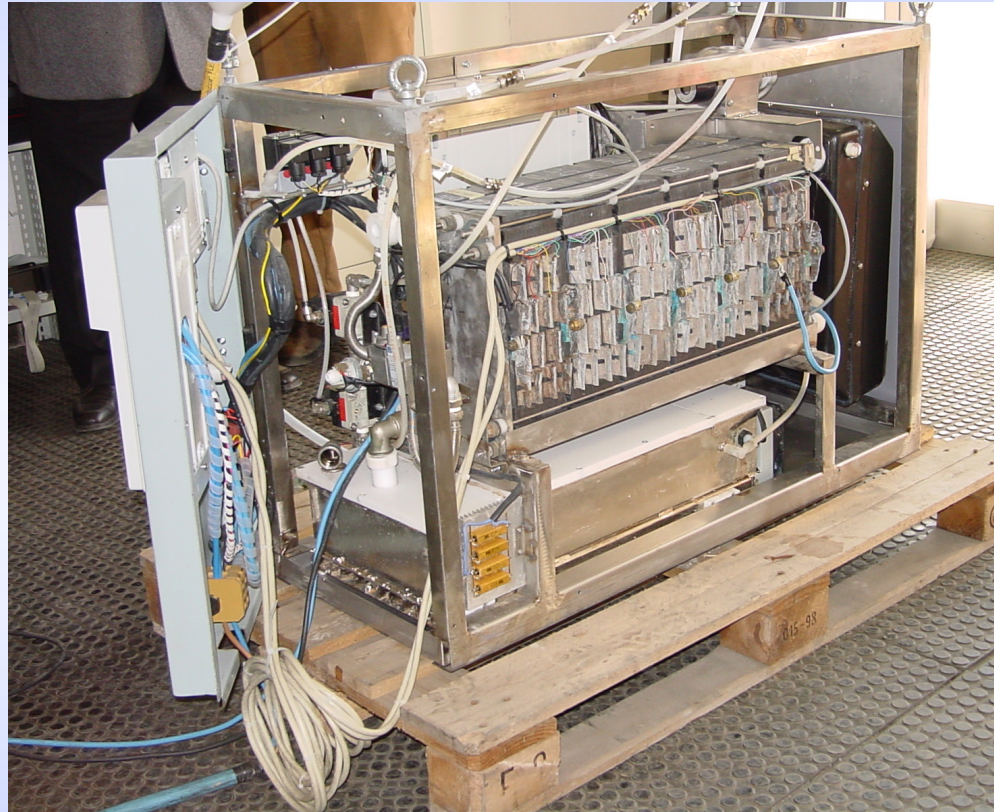


# Progetti di ricerca sui veicoli elettrici



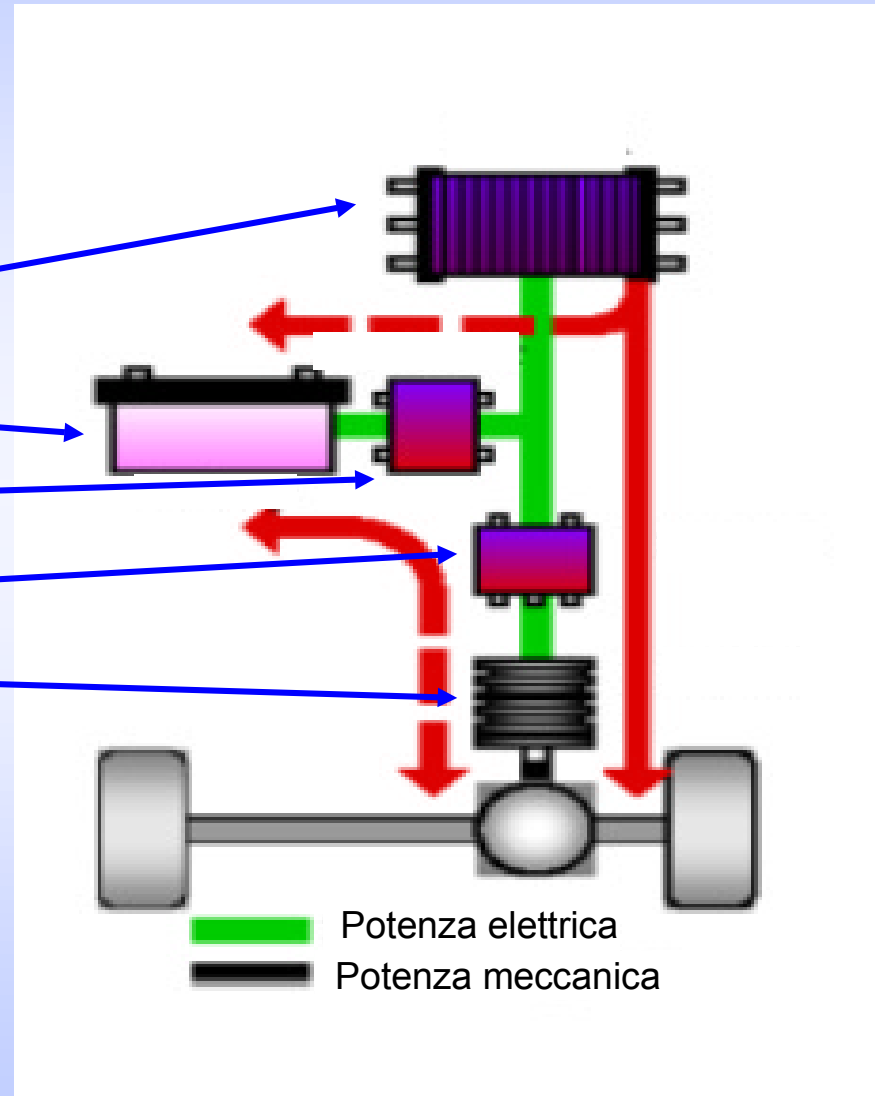
# Progetti di ricerca sui veicoli elettrici

---



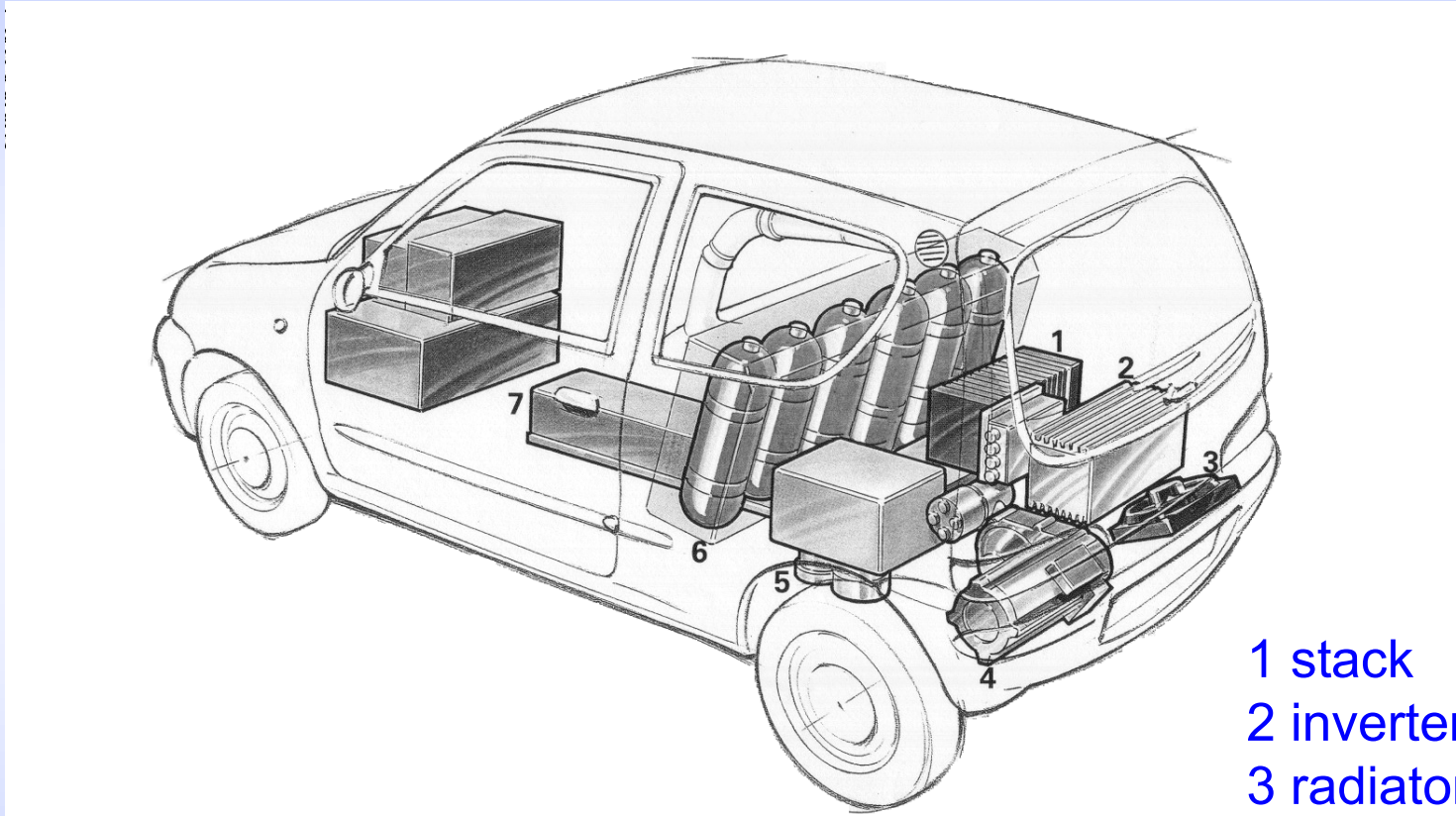
# Veicolo Ibrido

- ❑ Fuel Cell
- ❑ Batteria
- ❑ DC/DC
- ❑ Inverter
- ❑ Motore Elettrico



# Progetti di ricerca sui veicoli elettrici

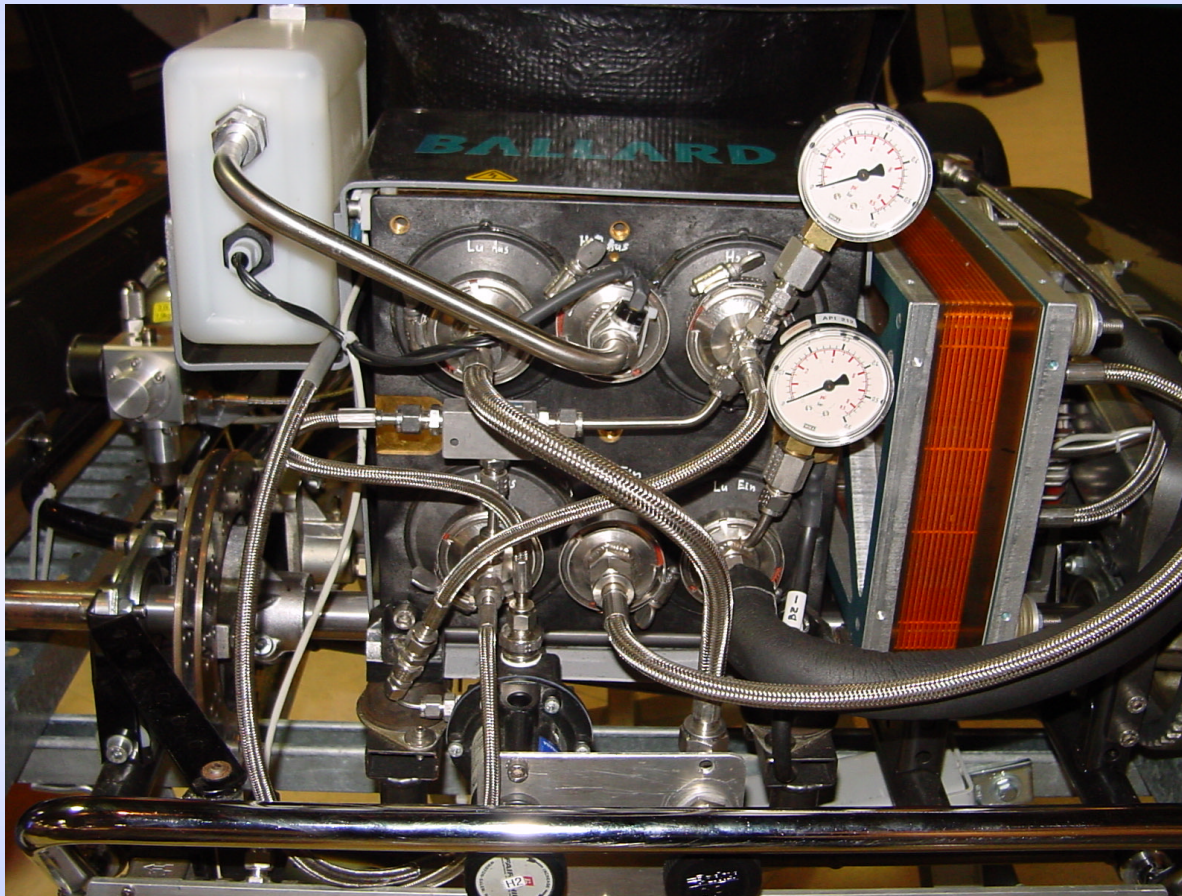
---



- 1 stack
- 2 inverter
- 3 radiatore
- 4 motore elettrico
- 5 convertitore dc/dc
- 6 bombole
- 7 batterie

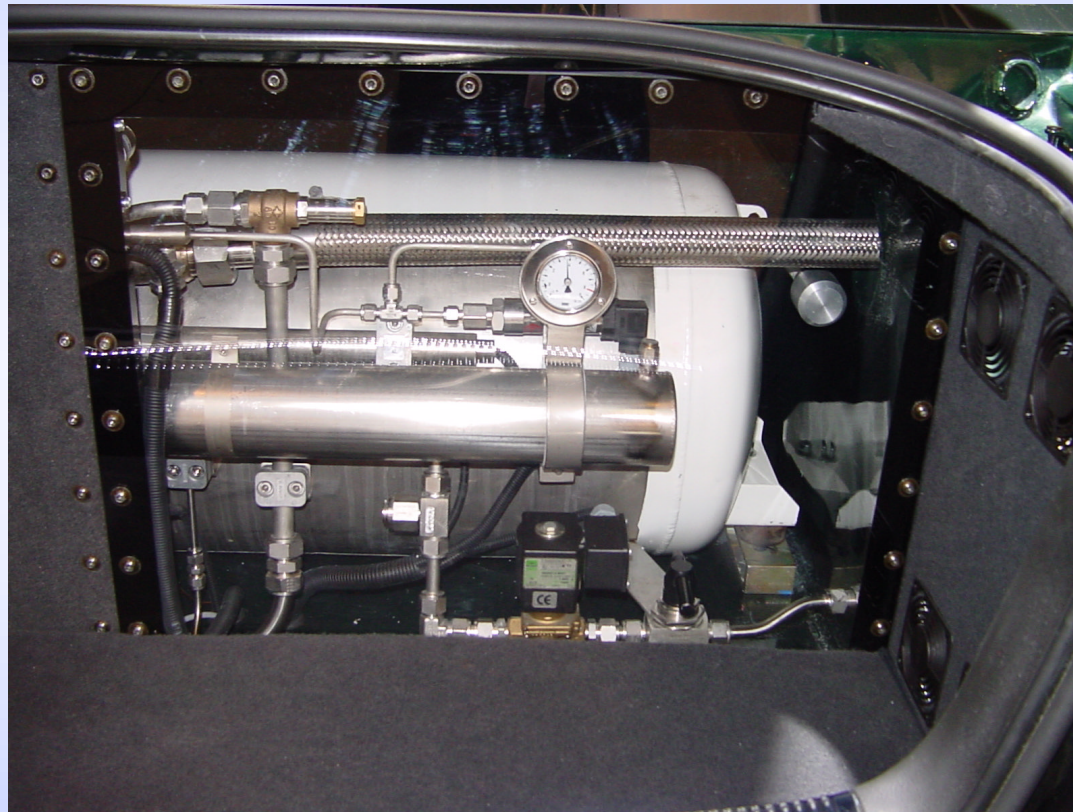
# Progetti di ricerca sui veicoli elettrici

---



# Progetti di ricerca sui veicoli elettrici

---



# Progetti di ricerca sui veicoli elettrici

---

## CONCLUSIONI

- Le prospettive di sviluppo delle celle a combustibile sono interessanti ed incoraggianti
- I tempi di sviluppo di questa nuova tecnologia sono a medio termine
- Le auto elettriche con batterie al piombo o con batterie di tipo innovativo sono oggi una realtà da cui non si può prescindere per lo sviluppo di un sistema di trasporti eco-compatibile

# Progetti di ricerca sui veicoli elettrici

---

## CONCLUSIONI

- L'Università di Bologna è impegnata in diversi programmi di ricerca sulla trazione elettrica stradale
- Massima disponibilità a collaborare con Aziende di settore per introdurre tecnologie avanzate nei sistemi per la trazione elettrica
- Massima disponibilità a collaborare con Enti Pubblici per promuovere la conoscenza e la diffusione dei veicoli elettrici nell'ambito dei trasporti e della mobilità sostenibile