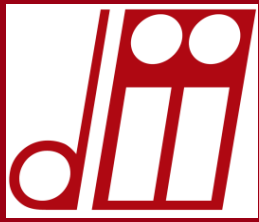




UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA

Dipartimento di Ingegneria Industriale  
Department of Industrial Engineering



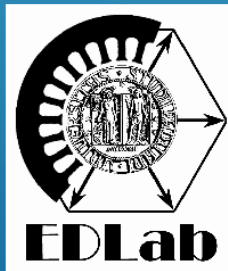
# SVILUPPI RECENTI NELLA TRAZIONE ELETTRICA

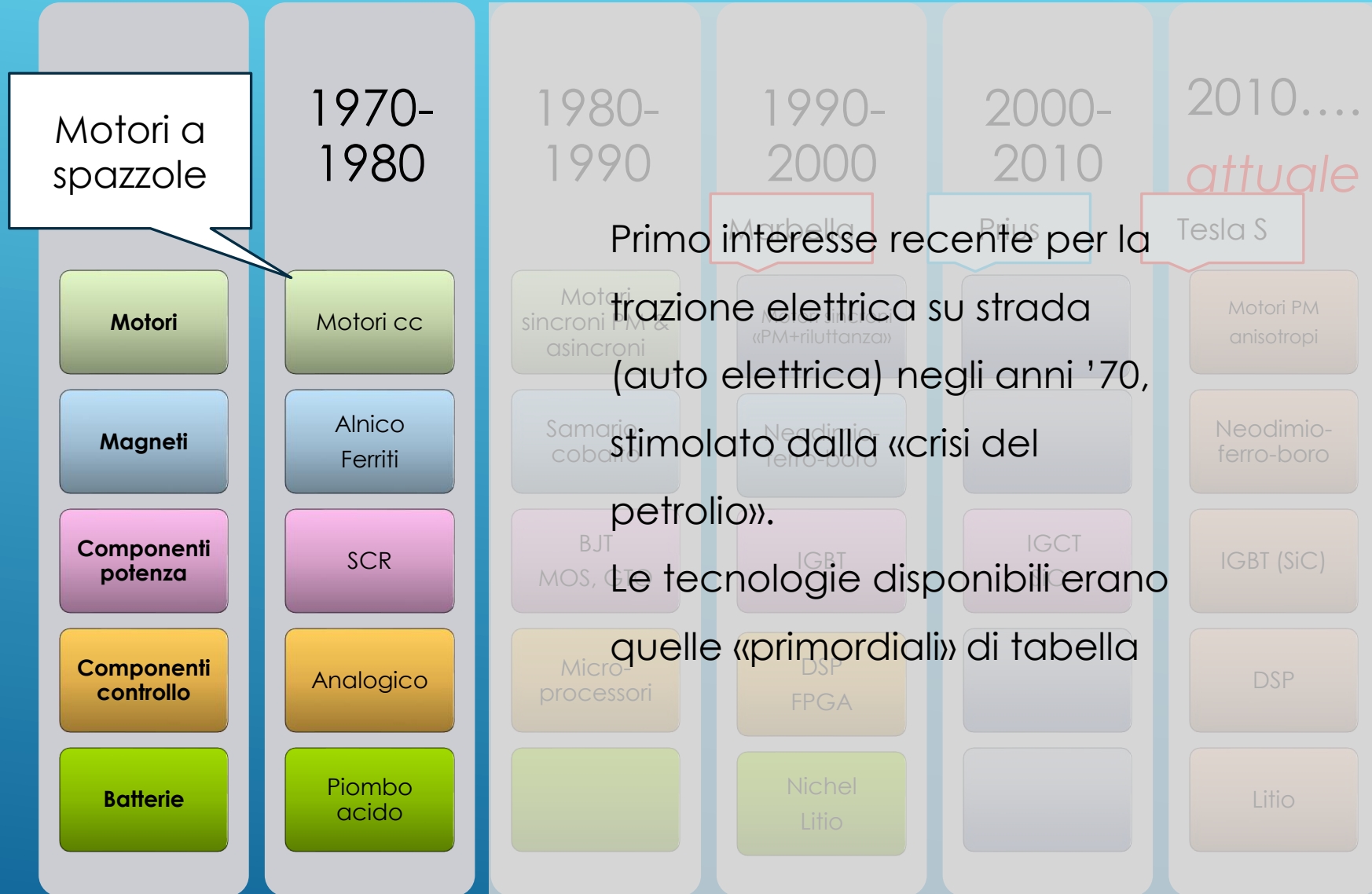
Prof. Silverio Bolognani

Padova, 21 ottobre 2019

Convegno in memoria di Enrico Bernardi

Laboratorio di Azionamenti elettrici  
Electric Drives Laboratory







# MACCHINA ASINCRONA (macchina a induzione)

Motore robusto,  
buon rendimento,  
difficile da controllare.



Rotore  
finito



Pacco  
rotorico

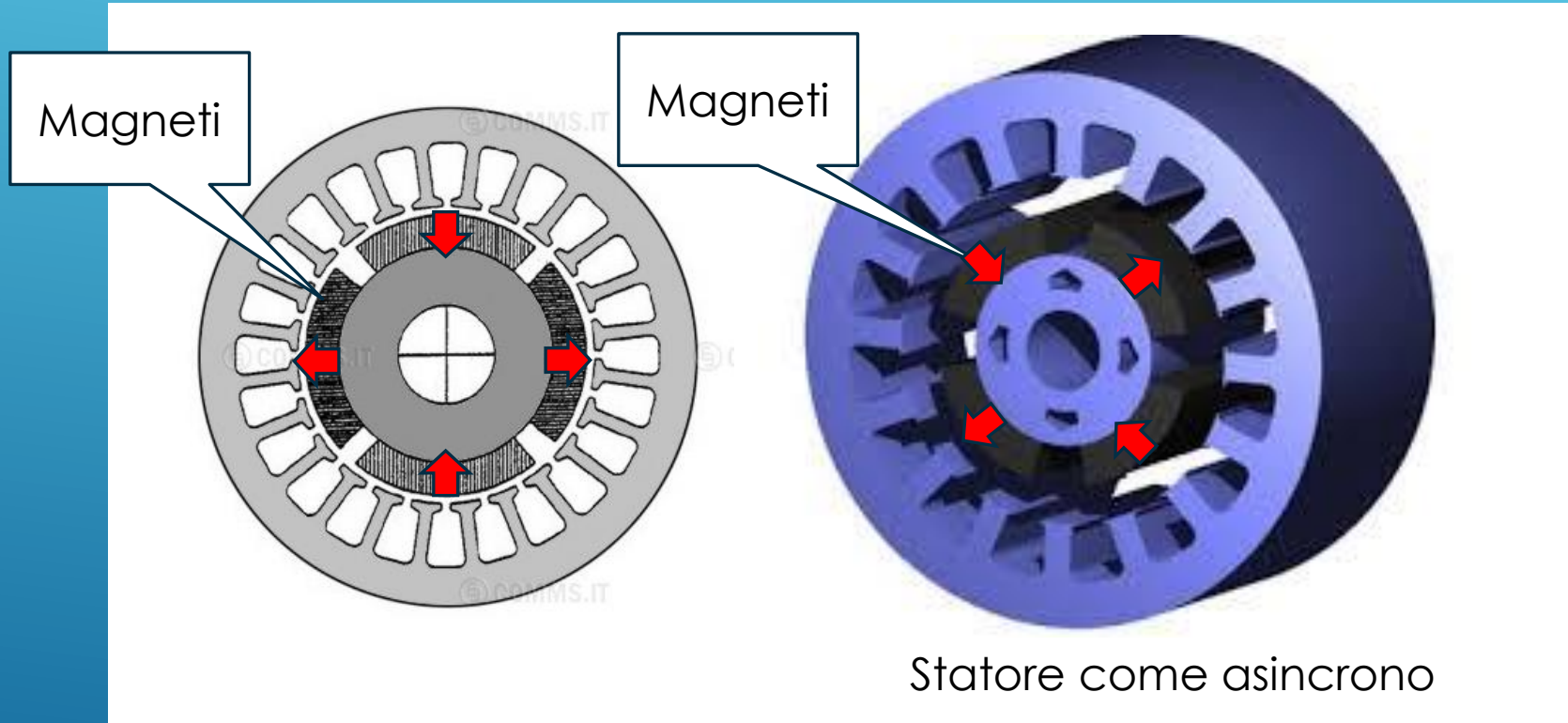


Pacco  
statorico



Statore  
finito

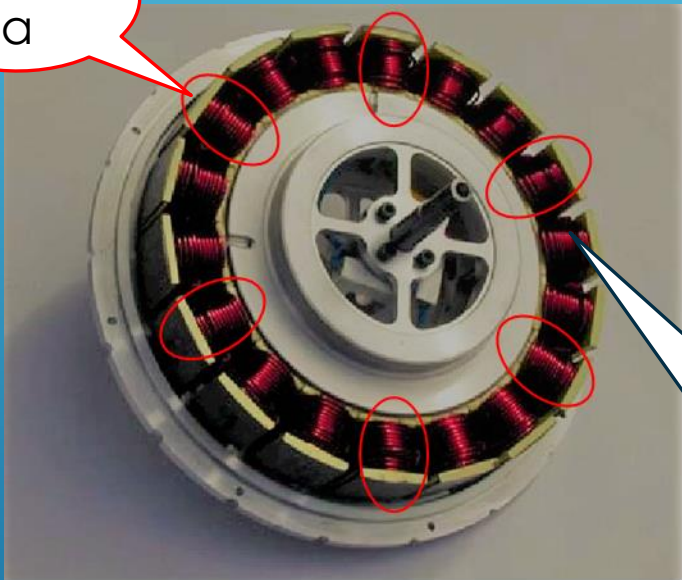
# MACCHINA SINCRONA A MAGNETI PERMANENTI «SUPERFICIALI»



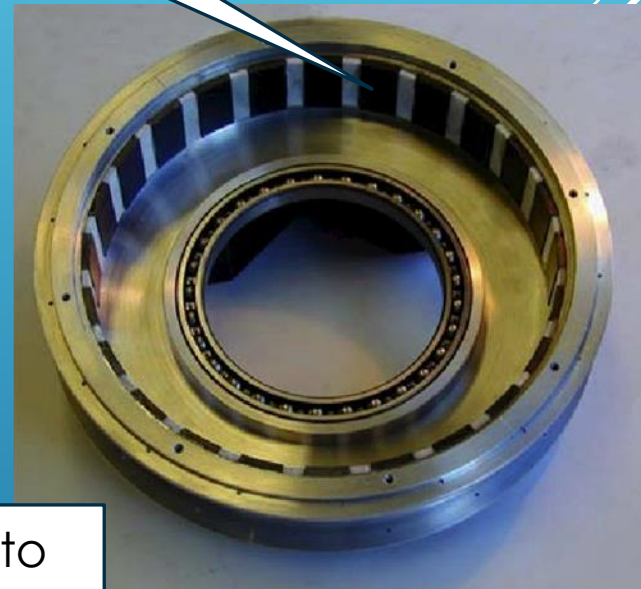


# MACCHINA SINCRONA A MAGNETI PERMANENTI «SUPERFICIALI» (rotore esterno)

Fase  
a

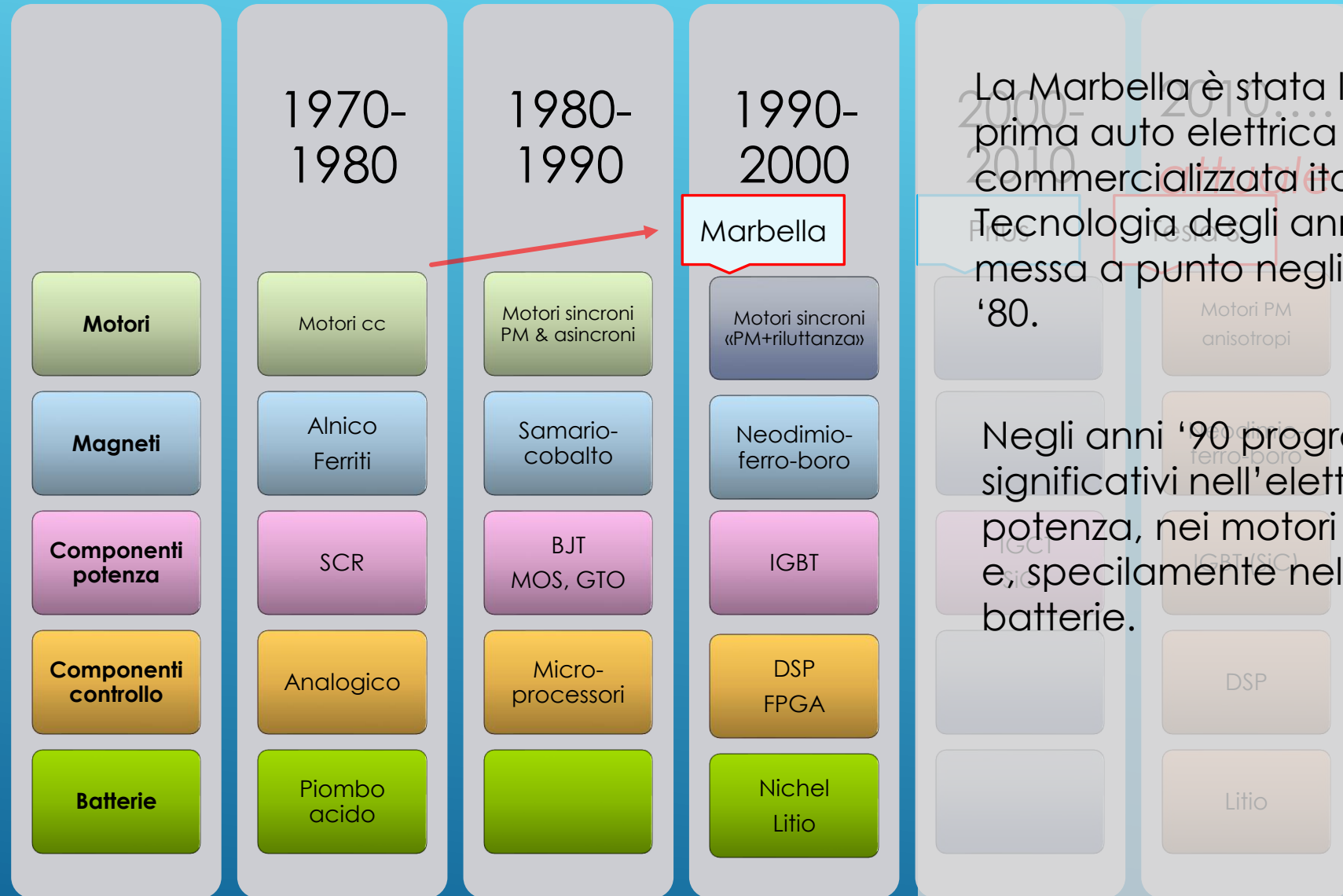


Magneti



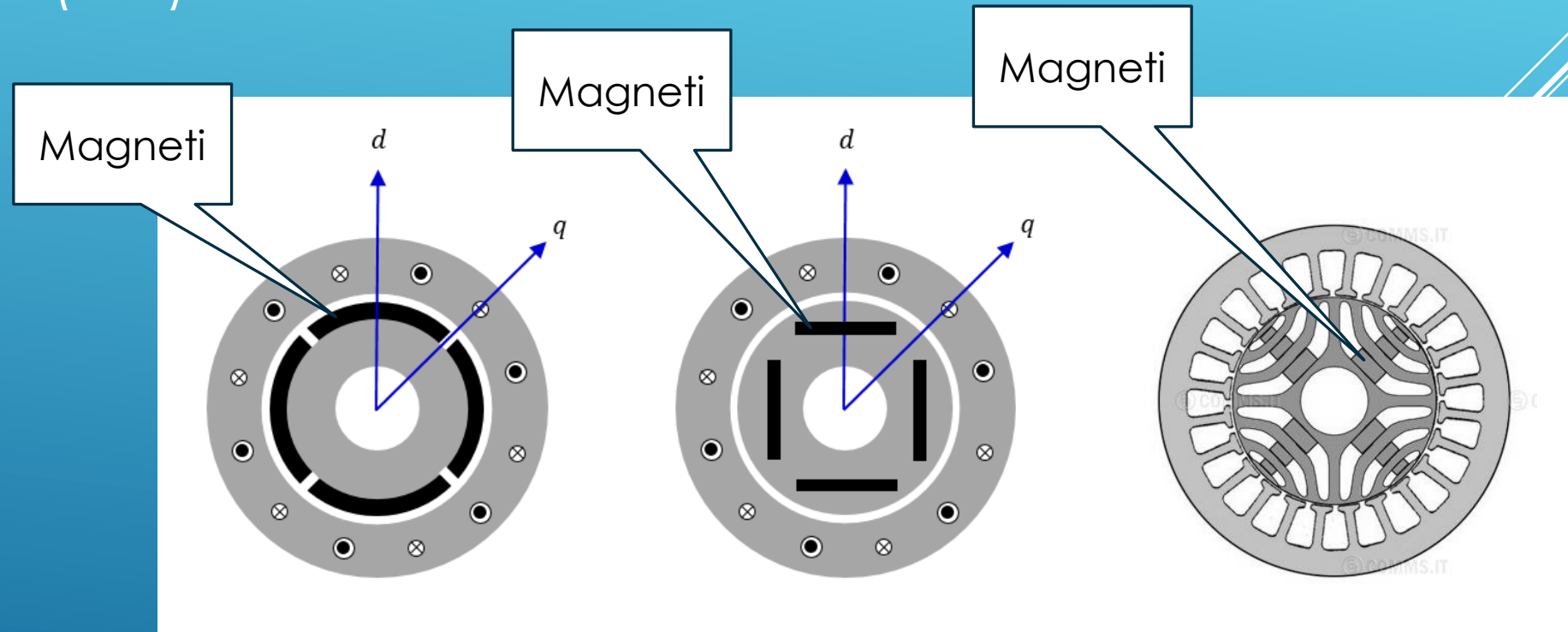
Avvolgimento  
«sul dente» per  
avere poco  
rame e poche  
perdite

Soluzione per cicli e motocicli  
e veicoli ibridi di piccola  
potenza.  
Soluzione per «motore ruota»



Marbella

# MACCHINA SINCRONA A MAGNETI PERMANENTI «INTERNI» (IPM)



Per avere migliori prestazioni, specialmente per la trazione, si passa da rotori con magneti «superficiali» a rotori con magneti «interni», in configurazioni anche molto articolate. Sono i motori con la più alta efficienza e doppia per unità di peso.

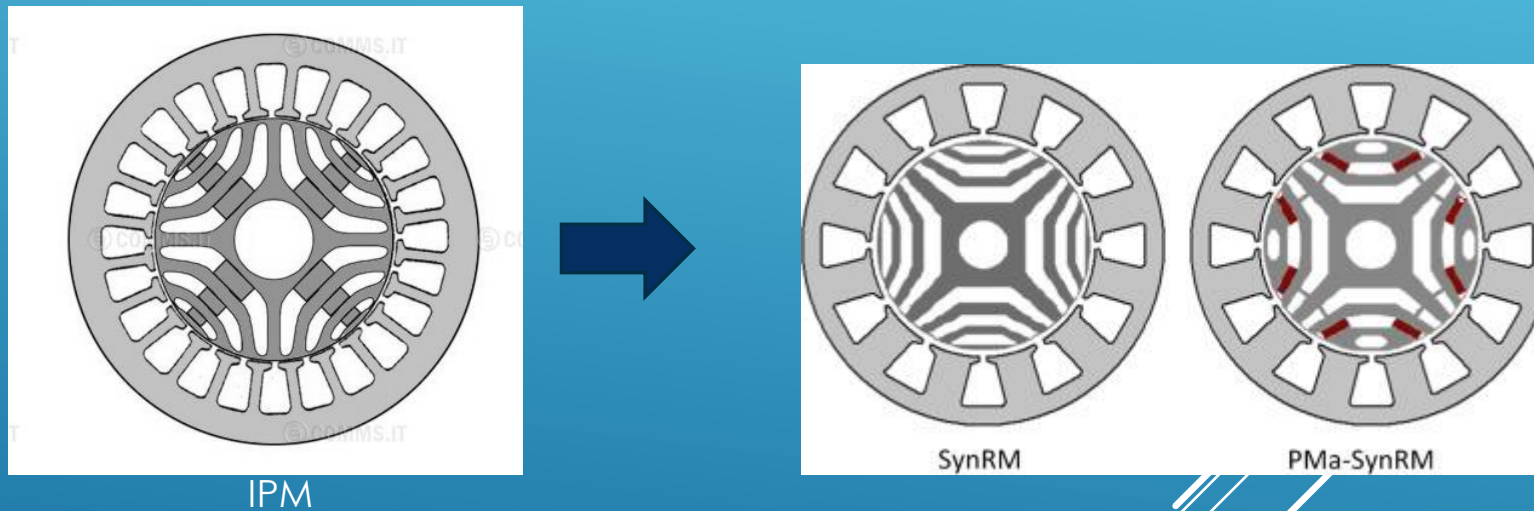


# MACCHINA SINCRONA A MAGNETI PERMANENTI «INTERNI» (IPM)

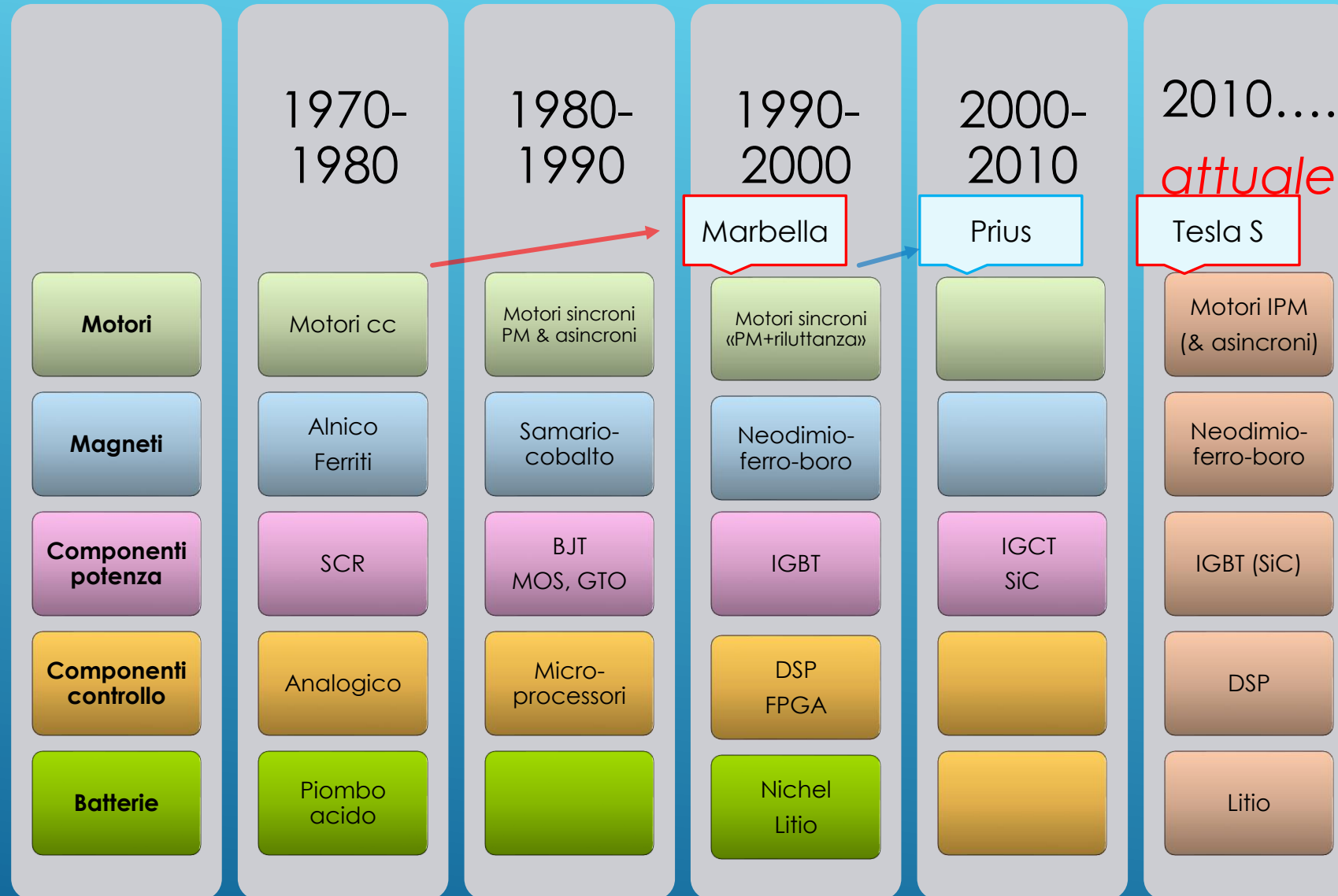


Esempi di rotori a  
magneti interni  
attualmente utilizzati

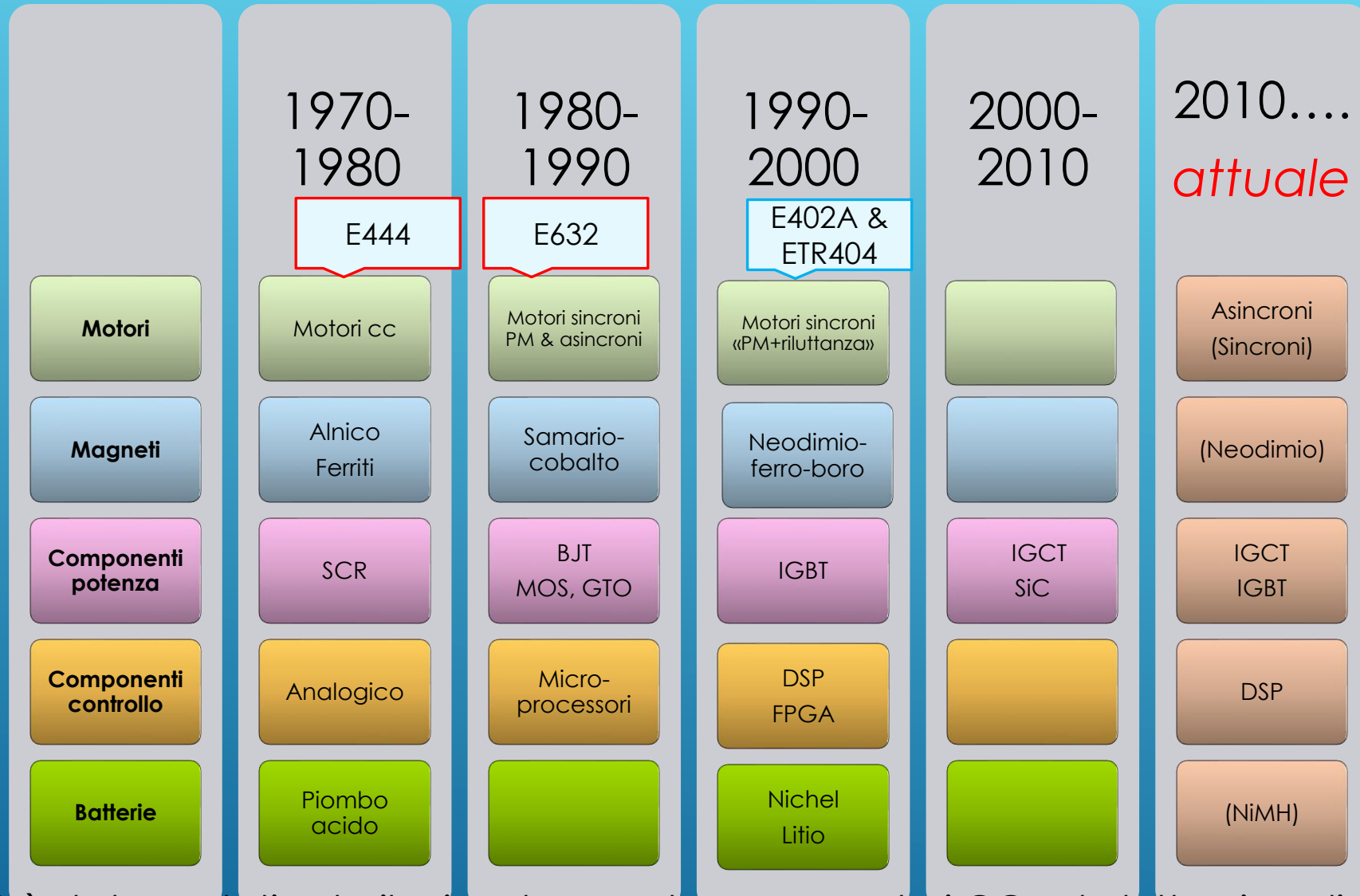
## MACCHINA SINCRONA A «RILUTTANZA» (SynRM)



Visto il costo dei magneti si passa al motore a riluttanza (senza magneti) o a quello con pochi magneti («riluttanza assistito da magneti»). Quest'ultimo sarà probabilmente il motore più impiegato nella trazione elettrica stradale.



Esempi: Prius (ibrida, primi anni 2000) e Tesla (elettrica, primi anni 2010) usano le tecnologie nate negli anni 90. Prius usa sincroni IPM; Tesla usa asincroni. Cicli e motocicli usano sincroni a magneti permanti.



Negli anni '70 è stato prototipato il primo locomotore con motori CC ed elettronica di potenza (SCR). In servizio come E632. Negli anni '90 si passa definitivamente alle macchine asincrone (ETR) o sincrone (Italo). Il Tram di Padova usa macchine asincrone (e batterie NiMH per brevi tratti).

Se l'auto è ibrida Plug-in/elettrica, serve una struttura di ricarica!



Energia [Joule] = Potenza [W] \* Tempo [s]

Energia [kWh] = Potenza [kW] \* Tempo [h]

La Potenza è «Portata di energia [kWh/h]»



Potenza dell'impianto = portata dell'acquedotto

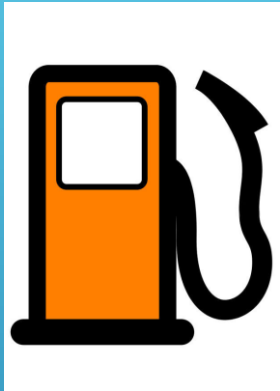
Potenza del carica batteria = portata del rubinetto

Potenza della batteria = «apertura del collo»



Se non c'è potenza non c'è  
veloce trasferimento di energia!

Se non c'è portata non c'è  
veloce trasferimento di acqua!



Qual è la potenza di una pompa della benzina?

Portata = 0,5 litro/s (in energia=45MegaJoule/s)

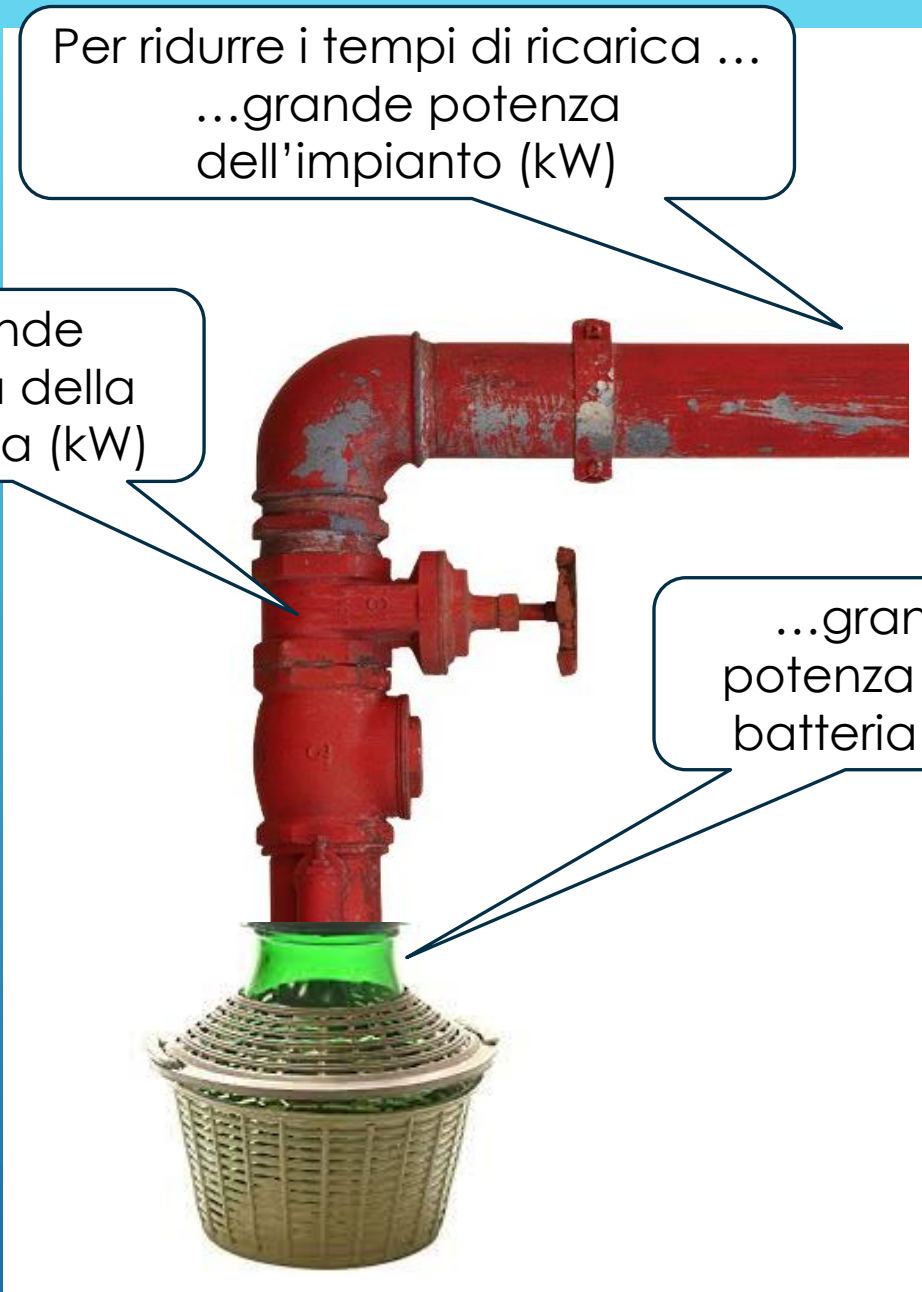
Conversione nel motore 1 litro = 11 MegaJoule  
all'albero motore (rendimento 25%)

Potenza = Energia/Tempo =  $0,5 * 11 \text{ MegaJoule} / 1 \text{ s} =$   
 $= 5,5 \text{ MegaWatt}$

Per ridurre i tempi di ricarica ...  
...grande potenza  
dell'impianto (kW)

...grande  
potenza della  
colonnina (kW)

...grande  
potenza della  
batteria (kW)



Per limitare la potenza dell'impianto elettrico di alimentazione....

Accumulo  
stazionario

Trasferimento  
(ricarica) con  
bassa  
potenza

Trasferimento  
con alta  
potenza



Come per le locomotive a vapore....

Accumulo  
stazionario



Trasferimento con  
alta potenza  
(portata)



Per eliminare la connessione fisica (cavo) fra veicolo e «alimentatore»....

...trasferimento wireless dell'energia!



E' il principio delle  
cucine a induzione!



...eventualmente anche in corsa (ricarica wireless dinamica)

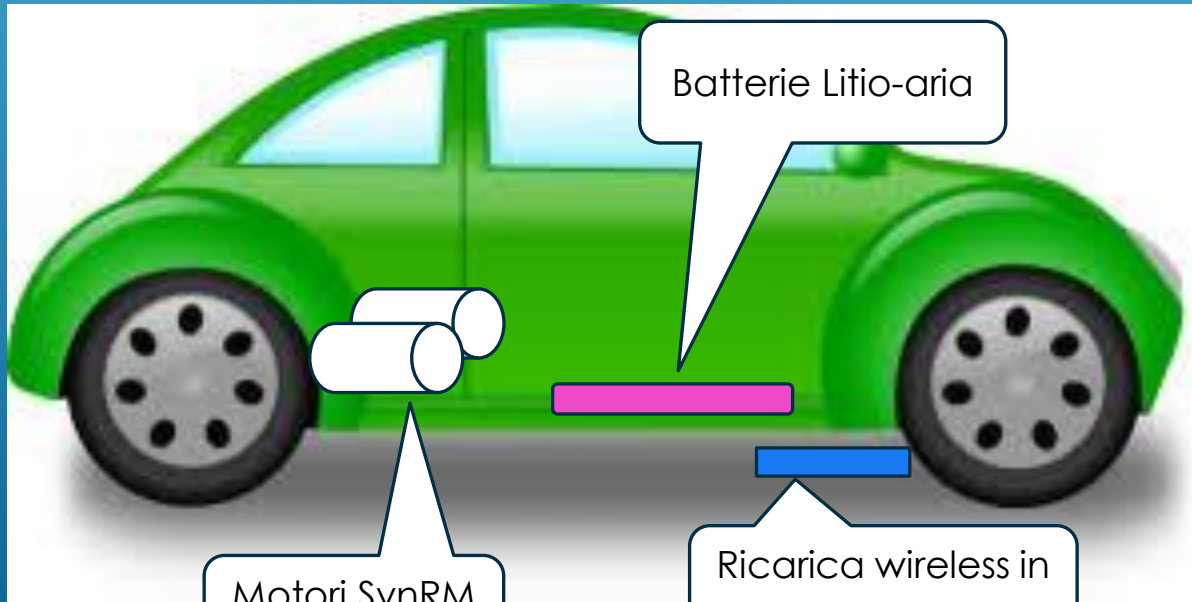


Soluzione in fase di sperimentazione è l'alimentazione da linea di contatto dei camion in autostrada (tipo filobus). Si può fare per veicoli con corsia preferenziale per lunghi percorsi.



# FUTURO

## Full electric



Batterie Litio-aria

Motori SynRM con PM

Ricarica wireless in casa

Accumulo stazionario (Litio?)



Fast charger pubblici per la ricarica veloce



Accumulo stazionario in casa Litio-aria

..ma l'auto sarà pubblica e non personale!  
Utilizzo più intensivo. Attualmente un'auto circola per poche migliaia di ore, per il resto della sua vita è parcheggiata!

Grazie per l'attenzione

The image features a solid blue background with a gradient from light blue at the top to a darker blue at the bottom. In the center, the text "Grazie per l'attenzione" is written in a white, sans-serif font. In the bottom right corner, there are several thin, white, parallel lines that create a sense of motion or a modern design element.