



# **E-Mobility**

**Sfide Tecnologiche ed  
Infrastrutturali legate allo  
sviluppo della mobilità  
elettrica (elettrificata)  
di oggi e di domani**

**Relatore: Massimo Gamba**



## L'auto elettrica è un'invenzione moderna ?





# L'auto elettrica non è un'invenzione moderna



## Breve storia degli autoveicoli elettrici

- Nel 1842 nascevano i primi autoveicoli ed erano elettrici
- L'invenzione del motore a combustione interna è del 1853
- Nel 1897 a New York i taxi erano tutti elettrici
- All'inizio del '900 erano disponibili autoveicoli elettrici, a vapore, a benzina

Auto elettrica  
Londra,  
1884





## Breve storia degli autoveicoli elettrici

- Picco di vendita delle auto elettriche nel 1912 e successivamente:



[Source: Jan Perry/Cincinnati Post from Autobloggreen]  
*Electric Car - Cincinnati 1912*

- Invenzione dell'avviamento elettrico del motore a combustione interna
  - Scoperta di grandi giacimenti di petrolio
  - Disponibilità di infrastrutture di rifornimento carburante
  - Ridotta autonomia delle auto elettriche
  - Breve durata di vita delle batterie di accumulatori
- favorirono la diffusione delle auto con motore a combustione interna.

# L'auto ibrida è un'invenzione moderna ?



Fonte sito Toyota

## Anche l'auto ibrida non è un'invenzione moderna



**Lohner-Porsche-Hybrid  
1903**

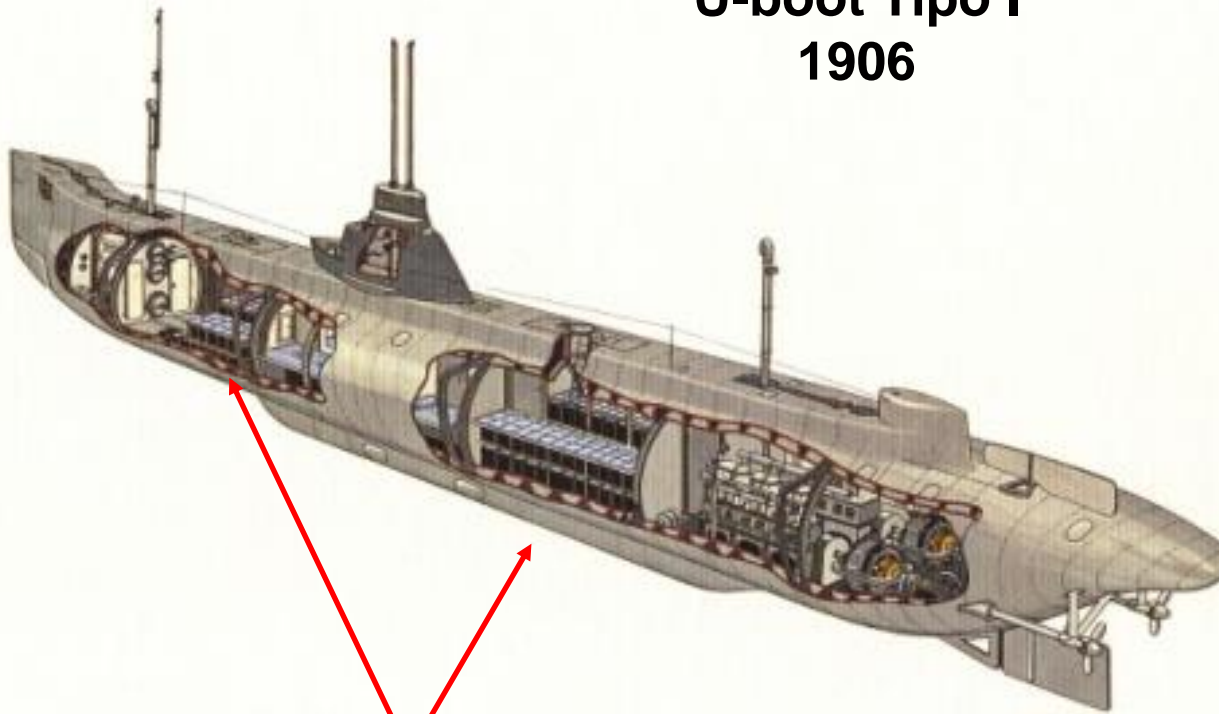
## I veicoli ibridi di tipo serie

- ❑ Oltre 100 anni fa Ferdinand Porsche aveva già realizzato il primo prototipo di autovettura ibrida: la macchina aveva motori elettrici incorporati nelle ruote e un motore termico a benzina di potenza 15 kW che azionava un generatore elettrico per caricare le batterie
- ❑ Ciascuna ruota anteriore era azionata da un motore elettrico in corrente continua di potenza 20 kW circa
- ❑ Si nota che si trattava di un veicolo ibrido di tipo serie, dove le ruote erano azionate solo dai motori elettrici
- ❑ Si ricorda che in un veicolo ibrido di tipo parallelo entrambi i motori elettrico e termico (a benzina o diesel) possono azionare contemporaneamente le ruote



## Sommergibile con propulsione bimodale

### U-boot Tipo I 1906



**Batterie Piombo Acido**

- 2 motori Diesel Man da 1540 cv
- 2 motori elettrici (DC) BBC da 500cv
- 3 batterie da 600 kg da 120 celle al piombo acido (16% del volume del sottomarino)
- autonomia 50h in immersione
- Akkumulatoren Fabrik Aktiengesellschaft Berlin-Hagen (AFA) - (conosciuta come VARTA Batterie AG dal 1962)





# Che cosa c'è di nuovo oggi rispetto al passato?

## 2 - Esigenze delle Istituzioni

### 1. **Riduzione inquinamento nelle città**

- Inquinanti primari prodotti dalla combustione (es. polveri sottili, NOx, SOx ecc.)



### 2. **Contenimento delle emissioni CO<sub>2</sub>**

- Miglioramento dell'efficienza energetica nella conversione "well to wheel" (dalla sorgente alle ruote) - effetti anche su bilancia dei pagamenti



### 3. **Sfruttamento ottimale delle rinnovabili non programmabili**

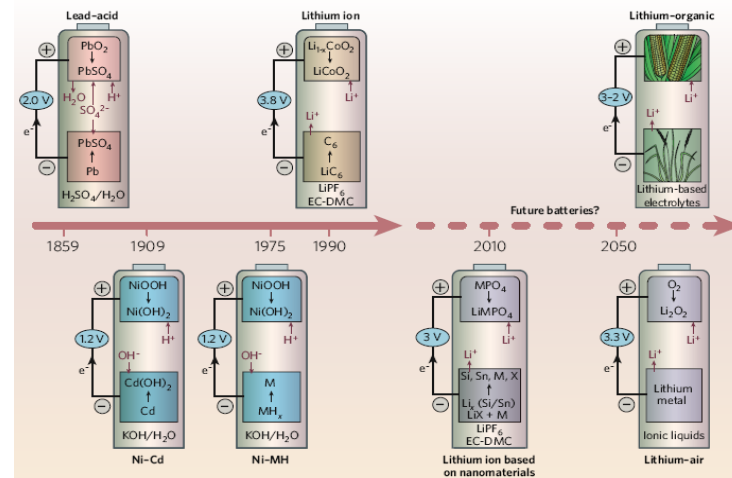
- possibilità di accumulo dell'energia rinnovabile non programmabile, soprattutto nei giorni festivi (eolico, fotovoltaico)



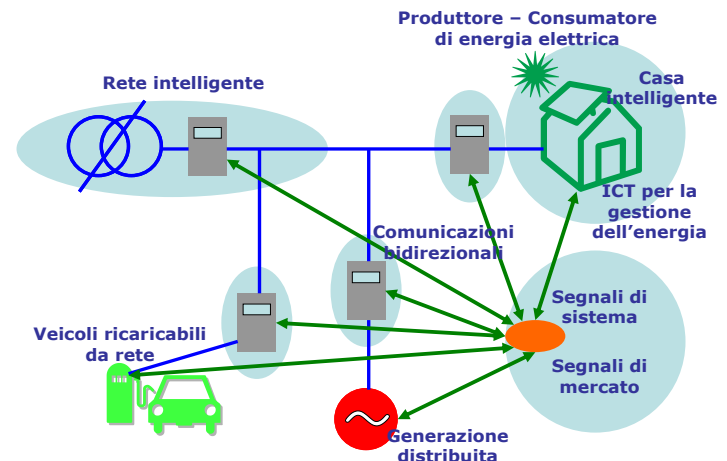
# Cosa c'è di nuovo oggi rispetto al passato ?

- Evoluzione nella tecnologia delle batterie e degli inverter

- “V2G Vehicle to Grid”  
le colonnine di ricarica possono immettere energia elettrica nella rete pubblica in caso di necessità per picchi di consumo locali o nazionali



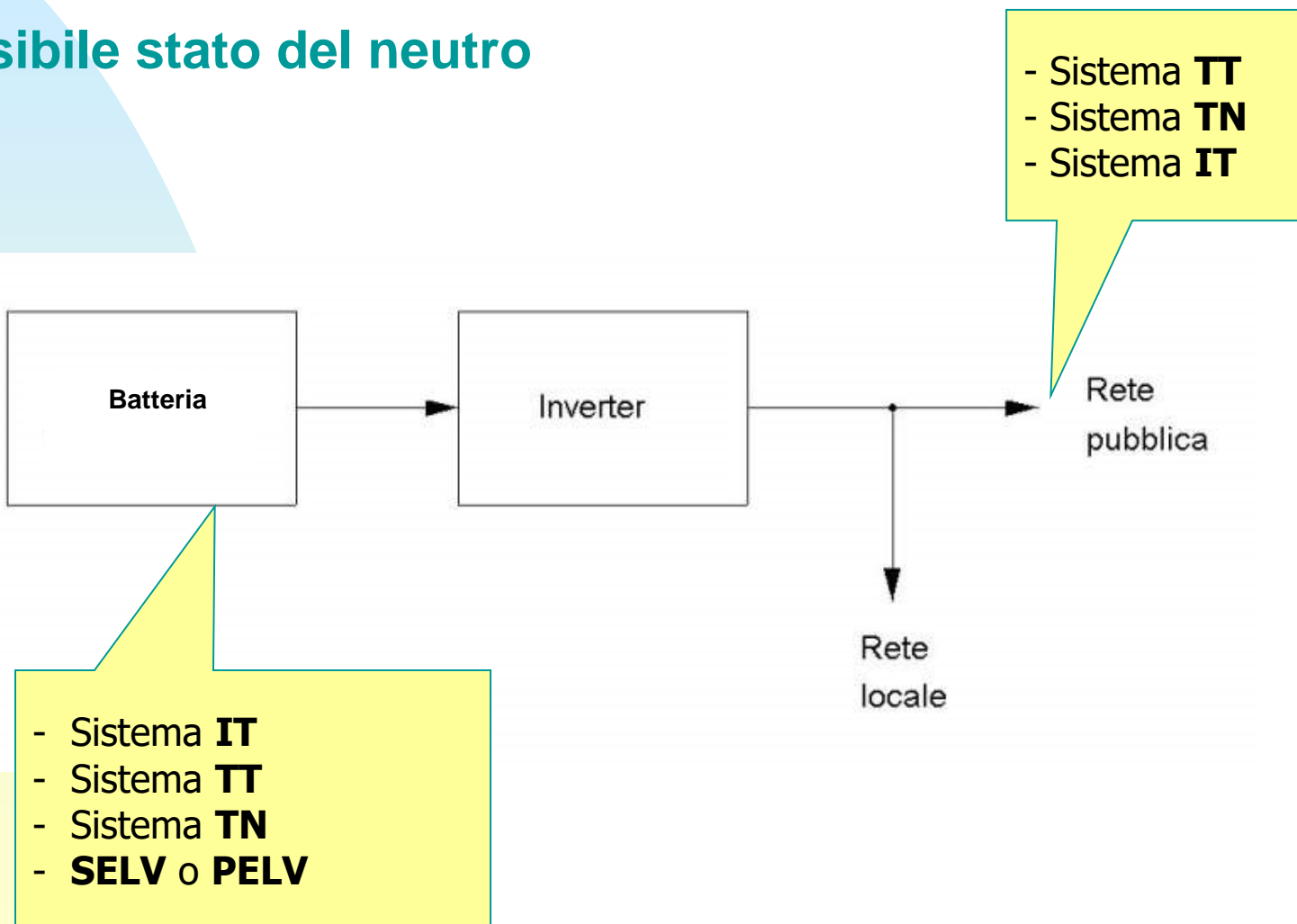
**Figure 2 | Battery chemistry over the years.** Present-day battery technologies are being outpaced by the ever-increasing power demands from new applications. As well as being inherently safe, batteries of the future will have to integrate the concept of environmental sustainability.





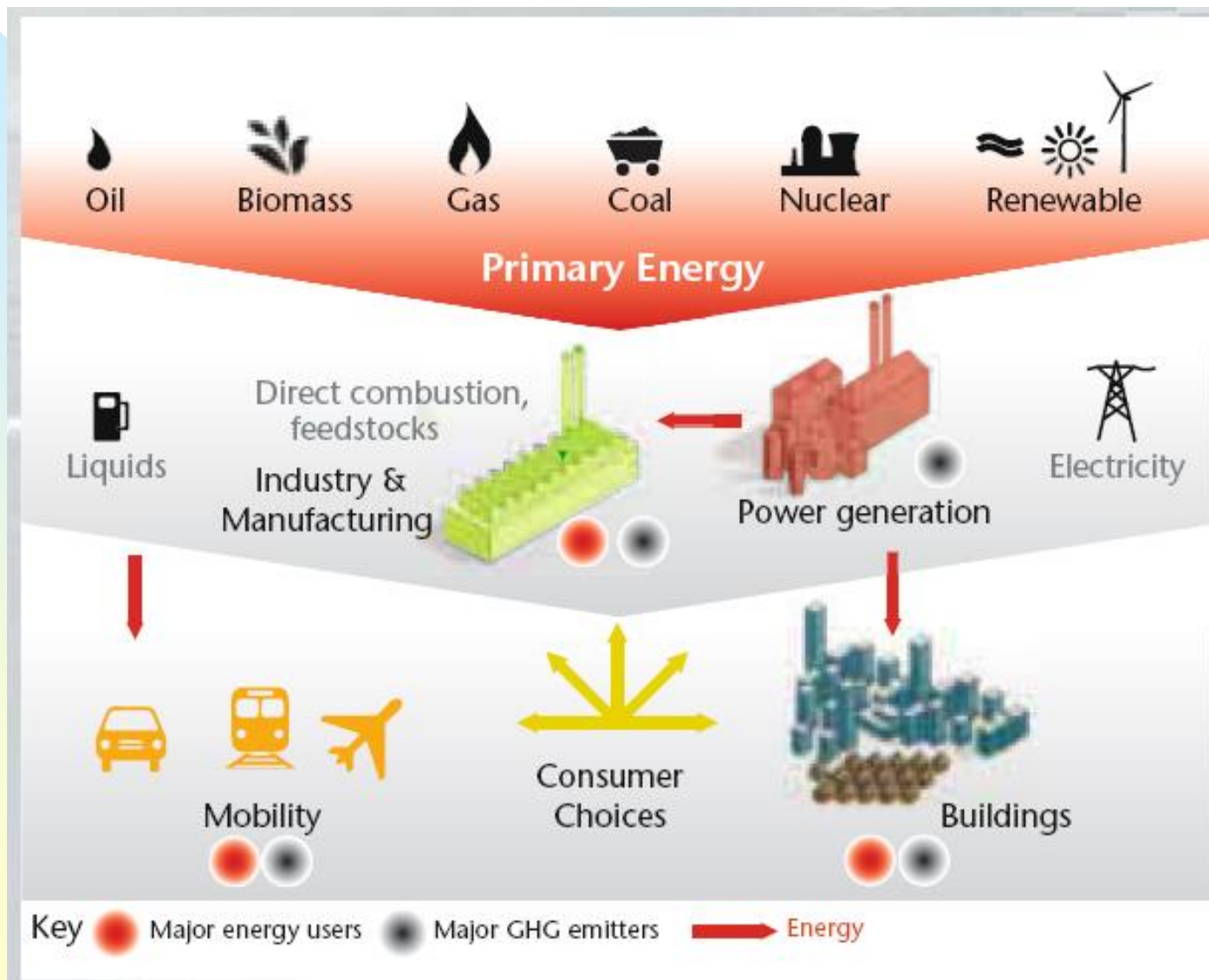
## La protezione delle persone contro i contatti diretti ed indiretti

### Possibile stato del neutro





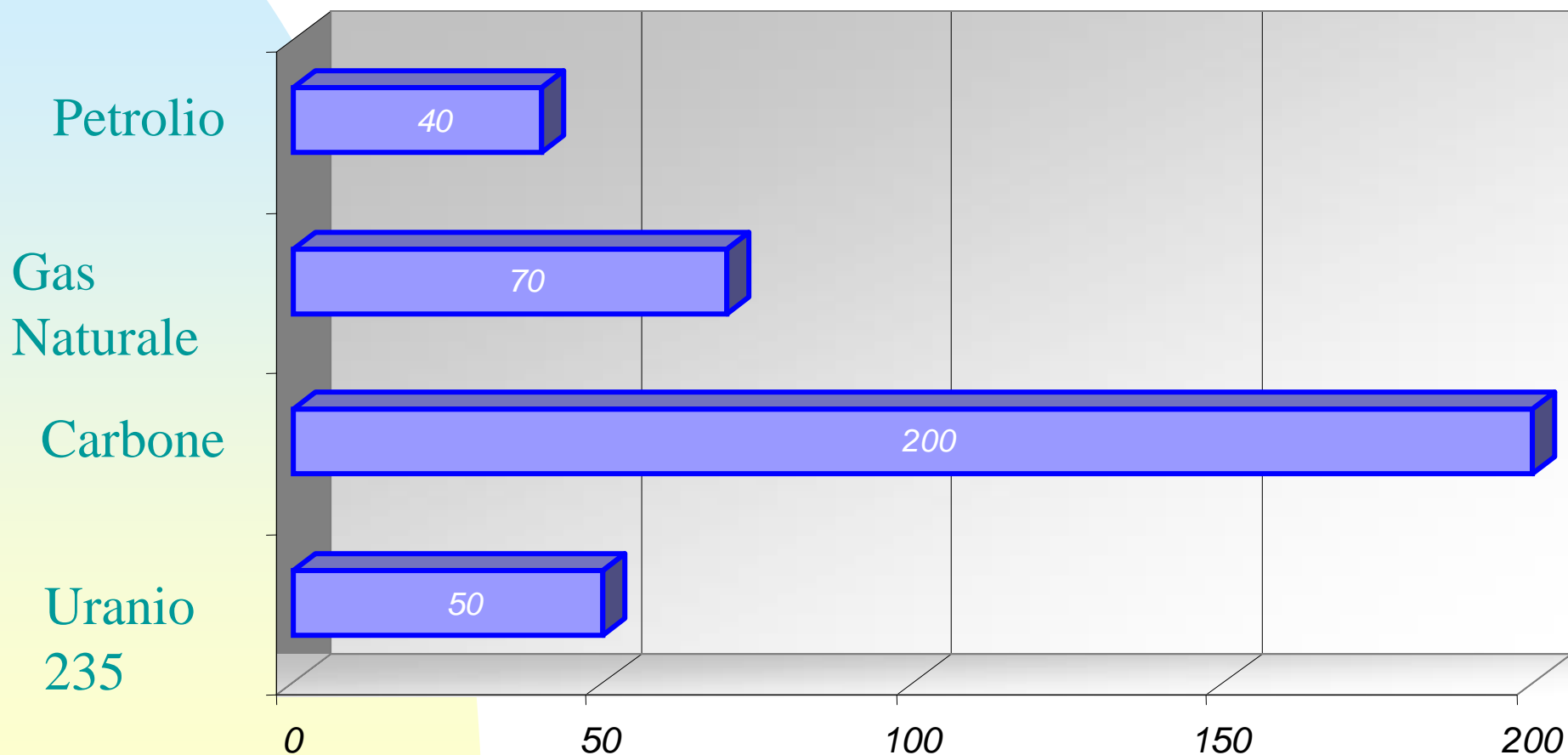
# Il problema dell'energia





## La situazione energetica globale

Disponibilità in anni, rispetto ai consumi attuali, delle riserve note







## Le risorse energetiche non sono illimitate

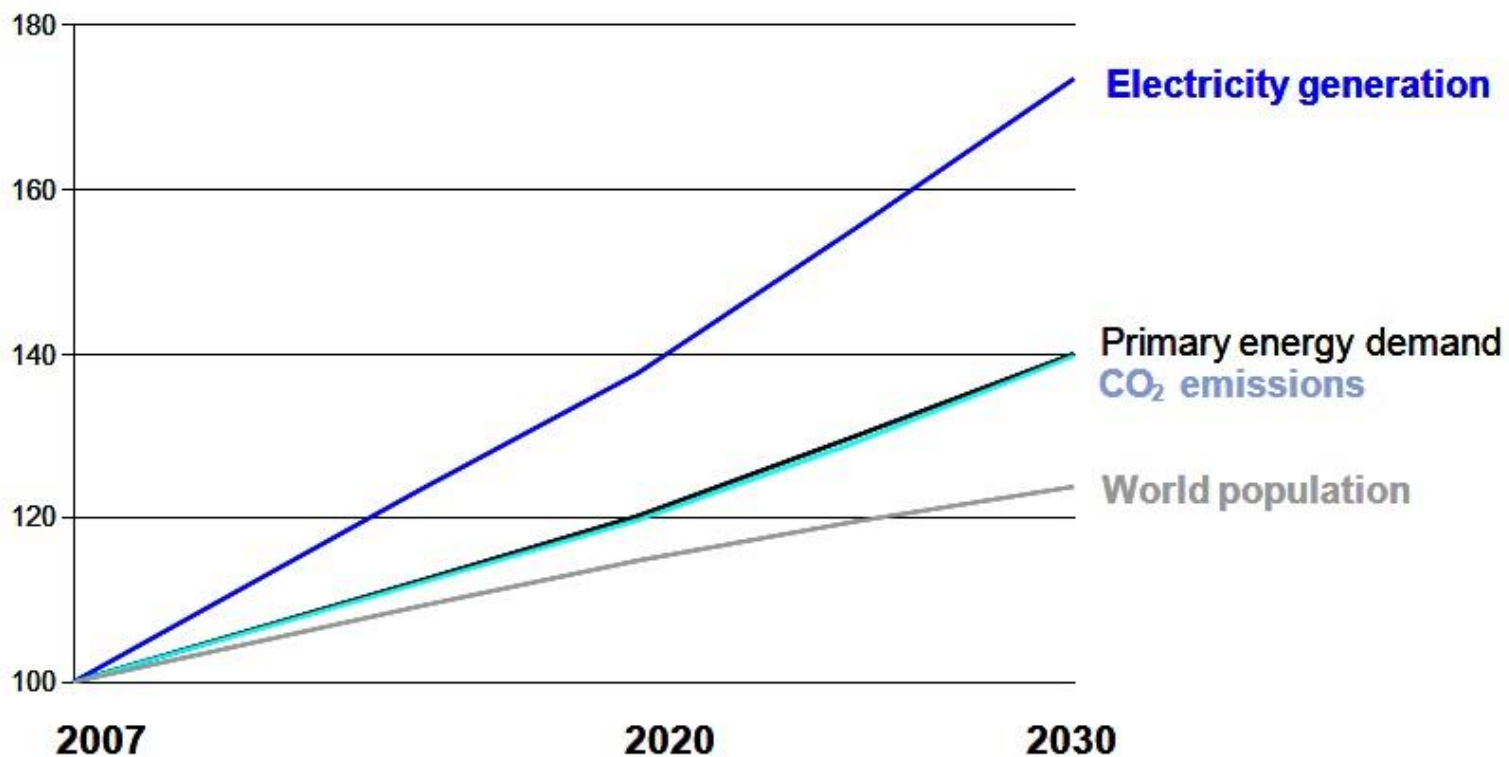




# La situazione energetica globale

## I trends mondiali

Elaborazioni da IEA





## Il problema dell'energia

Humanity's core problems in 2050:

2013 circa 7 billion people

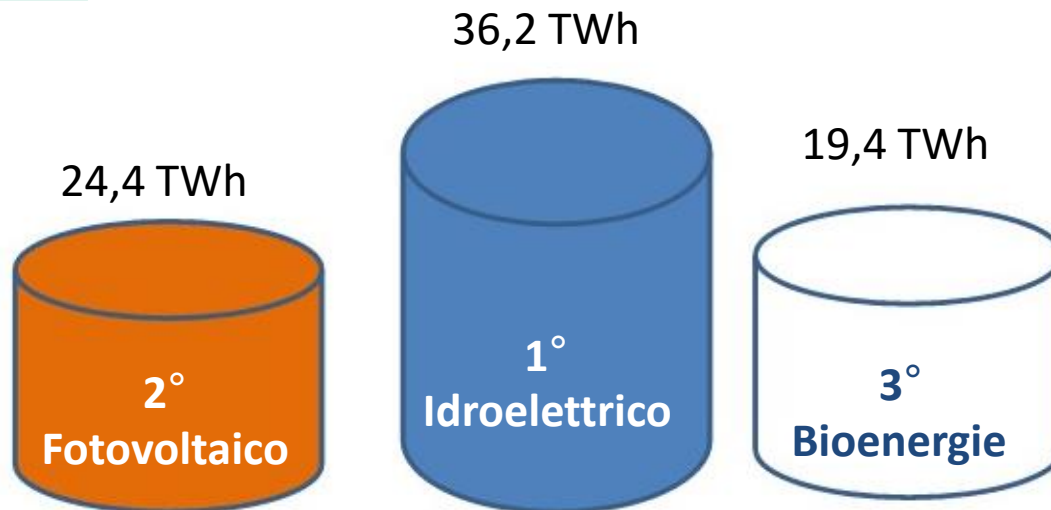
2050 circa 8-10 billion people

- **Energy**
- Water
- Food
- Environment
- Poverty
- War
- Disease
- Education
- Democracy
- Population



## Le fonti energetiche rinnovabili – FER in Italia

Le FER fonti energia rinnovabile nel 2017 in Italia avevano prodotto circa 104 TWh pari al 31,3% del CIL, consumo interno lordo di energia elettrica (fonte GSE)





## Le Fonti Energetiche Rinnovabili – FER

Si nota che le FER eolico e fotovoltaico non sono programmabili a piacere e che il fotovoltaico nelle ore notturne non produce nulla e non è utile per la ricarica notturna delle batterie di veicoli elettrici.

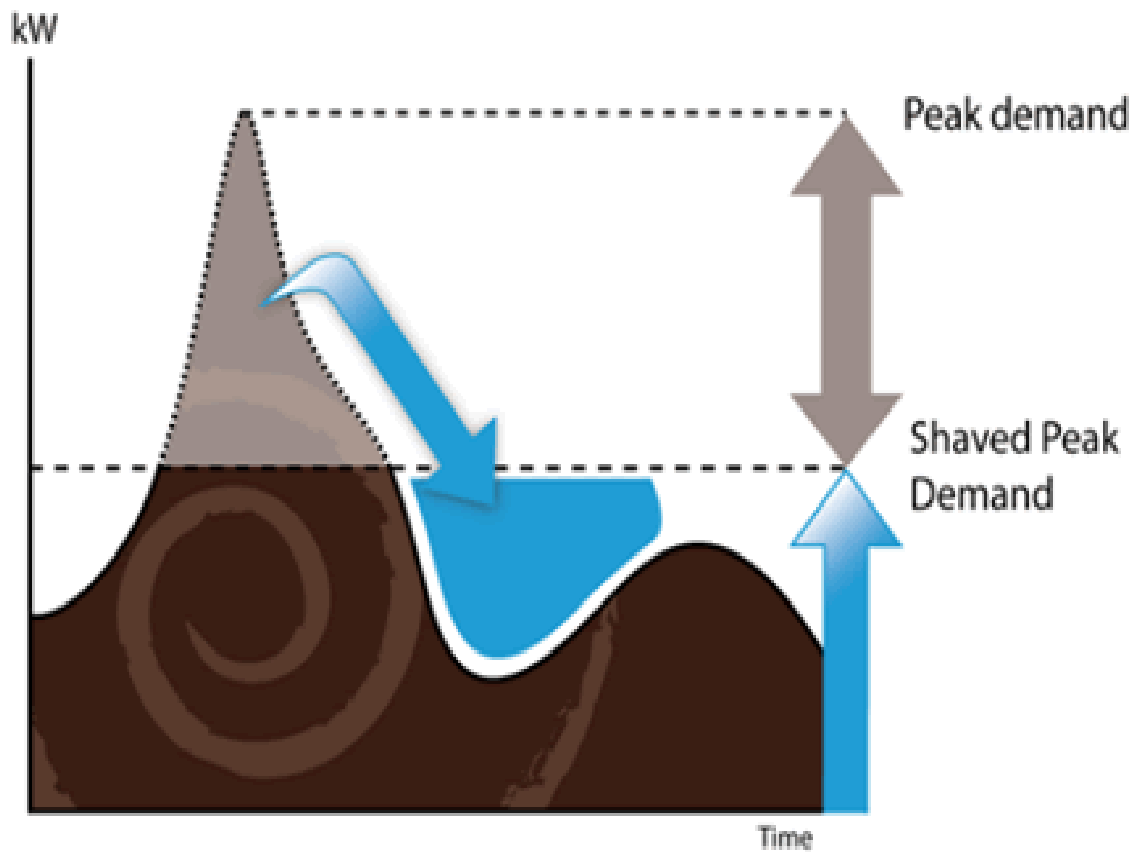
L'energia eolica sarà in futuro un'ottima soluzione in molte nazioni del Nord Europa e anche in molte zone del Sud Italia per la ricarica notturna delle batterie di veicoli elettrici







# L'importanza dell'accumulo di energia elettrica



## Batteria al sodio - zolfo

La più usata ad oggi per le applicazioni stazionarie a supporto della rete e per l'integrazione con generatori eolici e con impianti fotovoltaici.



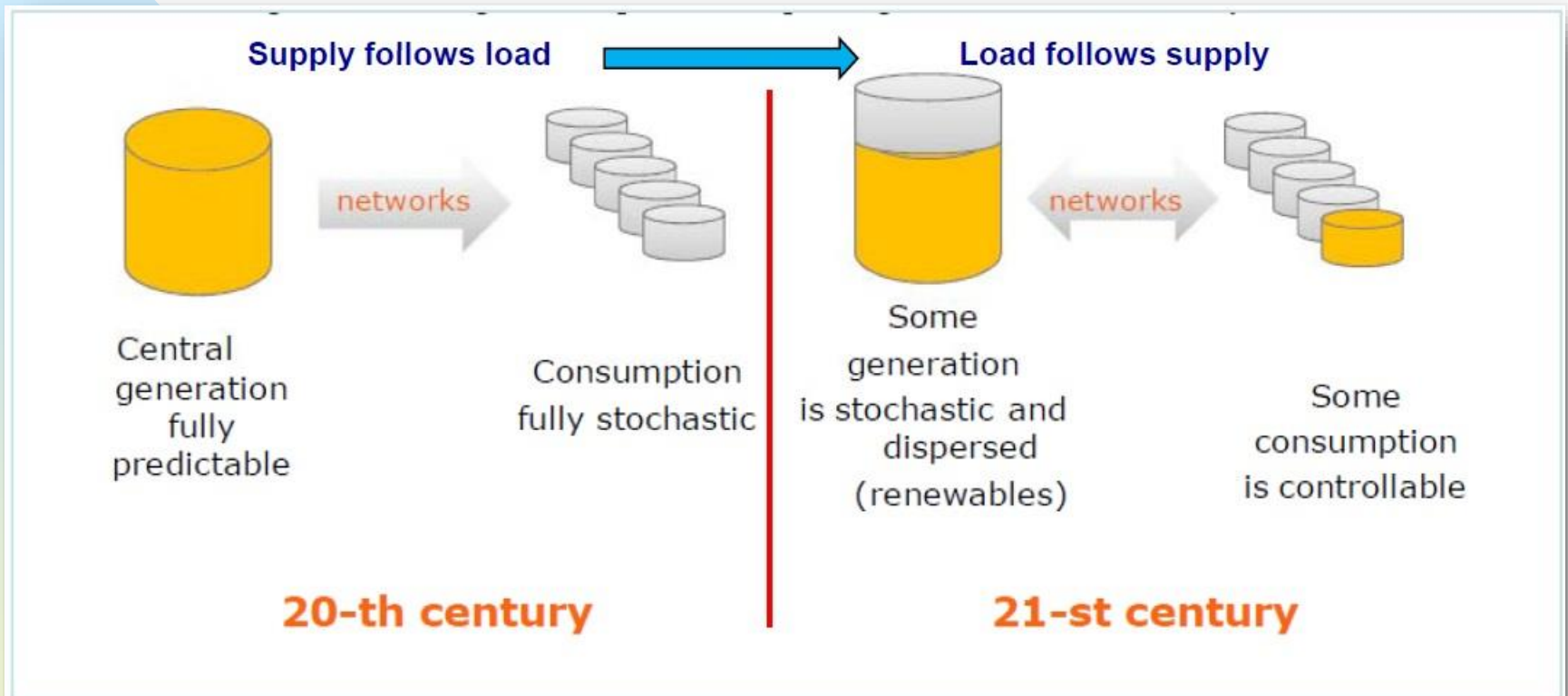
*Batteria sodio-zolfo da 34 MW per la stabilizzazione della produzione di un impianto eolico da 51 MW, realizzato nel nord del Giappone.*

## Batteria al sodio - zolfo

- Accoppiamento del parco eolico con una batteria NaS:
  - uno o più moduli da 1 MW / 7.2 MWh
  - rendimento complessivo 75%
  - costo per modulo + sistemi di controllo 4.5 M€
  - profondità di scarica massima 80%



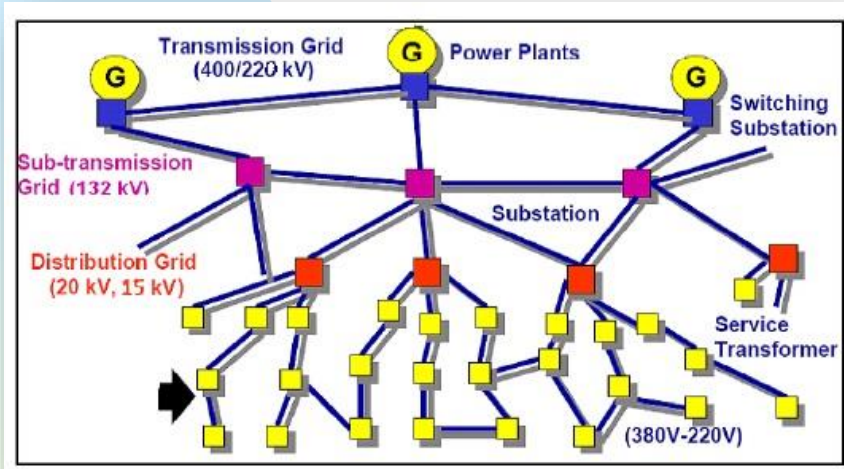
# Come cambia la gestione della rete elettrica



Source: The European Electricity Grid Initiative (EEGI): a joint TSO-DSO contribution to the European Industrial Initiative (EII) on Electricity Networks

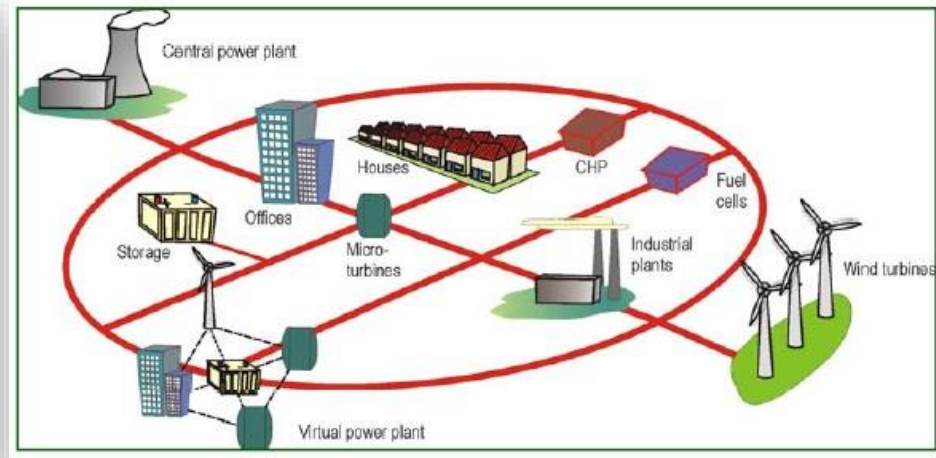
# L'evoluzione della rete elettrica

## La rete elettrica odierna



- Generazione centralizzata; flusso di potenza mono-direzionale dall'alta alla bassa tensione, dove sono collegati i carichi. Il sistema è controllato tramite i grossi generatori

## La nuova rete elettrica



- Rete che integra e gestisce in modo efficiente il comportamento e le azioni tutti gli utenti connessi (generatori, punti di prelievo e punti con presenza di generazione e prelievo)





# Batteria a flusso di elettrolita





## Direttive Europee per la tutela dell'ambiente

- La comunità Europea, sotto la spinta degli impegni presi con il protocollo di Kyoto ed in risposta al problema dei consumi energetici, legati per circa il 40% al settore edilizio, ha emanato una serie di Direttive negli anni 2001 e 2002.
- Per la promozione della produzione di energia di fonti rinnovabili, la Direttiva di riferimento è la 2001/77/CE, recepita in Italia con il Decreto Legislativo 387/2003.
- Il 3 marzo 2011 è stato pubblicato il Decreto Legislativo n. 28 Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE.
- Il suddetto D.Lgs. 28/2011 prevede anche lo sviluppo dei biocarburanti nel settore dei trasporti con l'obiettivo del 10% entro il 2020.

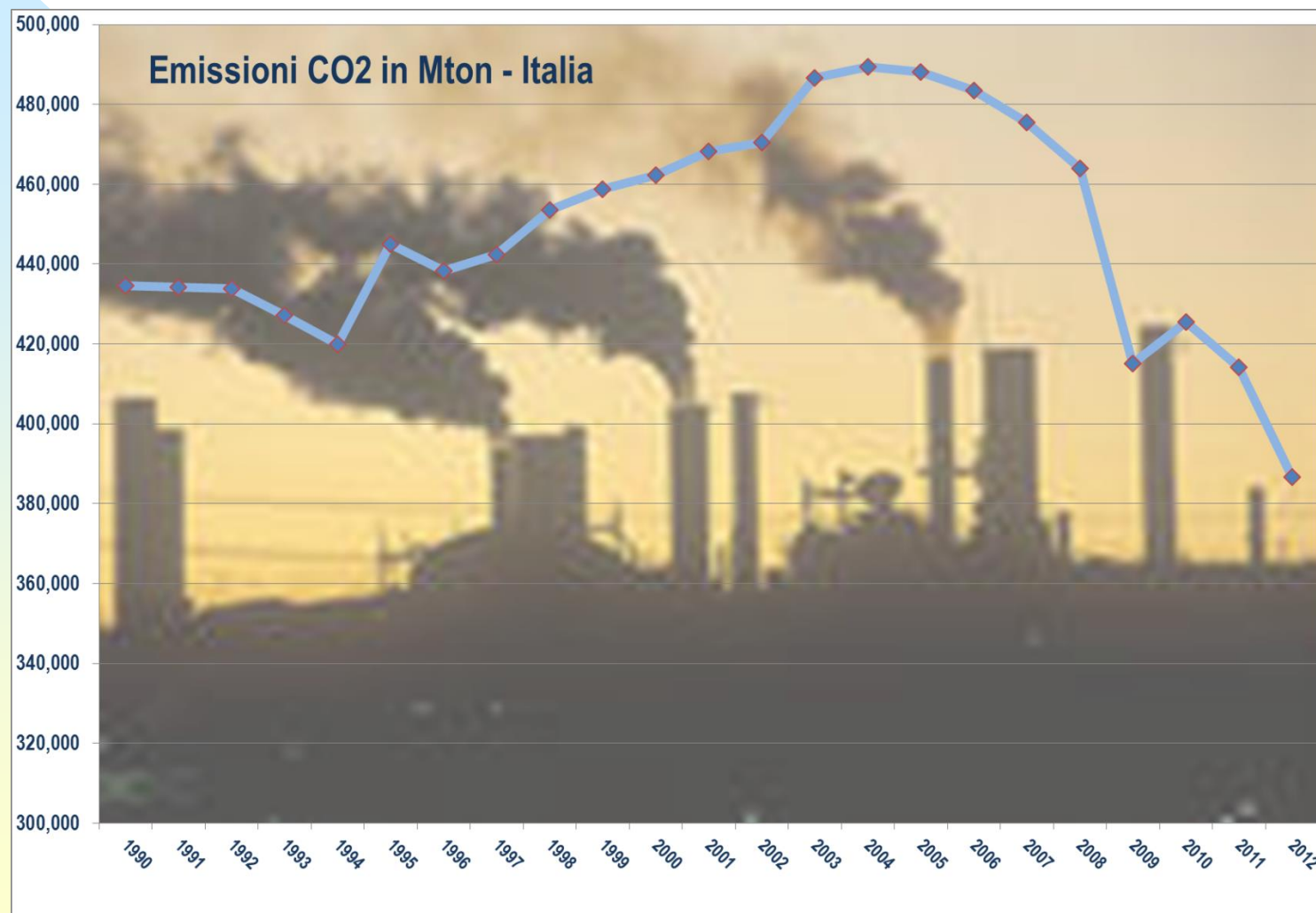


## La situazione italiana

- Entro il 2020 l'Italia deve obbligatoriamente:
  1. Ridurre del 20% le emissioni di CO<sub>2</sub> rispetto al 1990;
  2. Produzione rinnovabili  $\geq 0,17$  (17%) - Consumi finali;
  3. Consumi per trasporti: alimentati con 10% da biocarburanti.
  
- Obiettivo non vincolante: -20% consumi rispetto alla "Base Line" tramite efficienza energetica:
  - ✓ Riduce proporzionalmente l'obiettivo "1" e "3";
  - ✓ Riduce (riducendo il denominatore) il valore assoluto delle fonti rinnovabili



# Andamento delle emissioni di CO2 in Italia



Fonte



**United Nations**  
Framework Convention on  
Climate Change



## Gli obiettivi europei al 2030

In assenza di incentivi, gli ambiziosi obiettivi UE al 2030 di decarbonizzazione e di aumento della quota di energia prodotta da fonti rinnovabili FER saranno difficilmente raggiungibili, a meno che non diminuiscano sensibilmente i consumi finali di energia.





## L'importanza dell'efficienza energetica

- I cambiamenti climatici e la progressiva limitatezza di risorse sono le maggiori sfide del nostro tempo
- Numerosi paesi del mondo dipendono dall'energia importata; nell'Unione Europea, ad esempio, viene importato il 50% dell'energia attualmente consumata, una percentuale che, secondo le previsioni, raggiungerà il 70% entro il 2030
- L'uso efficiente e sostenibile dell'energia è quindi un'urgente necessità, pienamente in linea con lo slogan coniato dalla Commissione Europea "less is more" ("meno è di più")



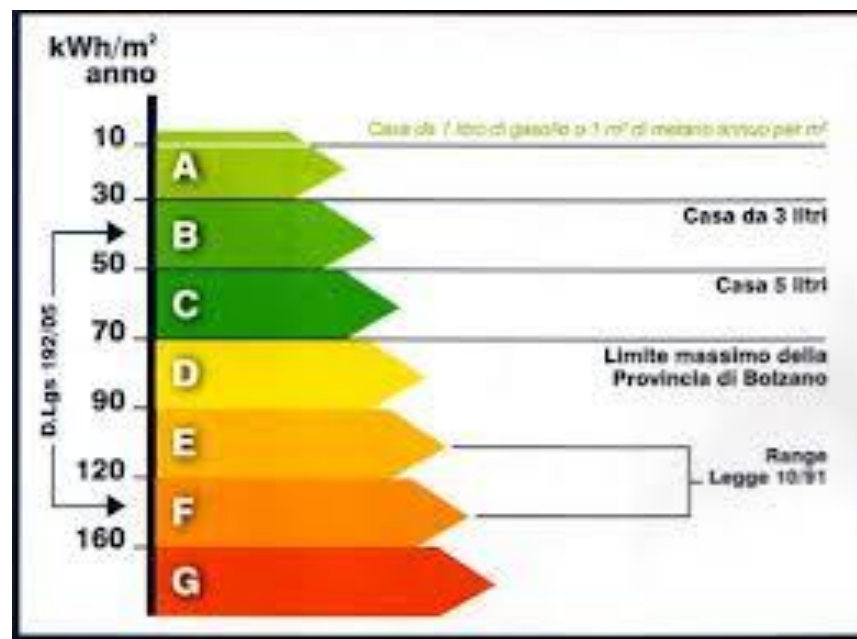


## L'importanza dell'efficienza energetica

- Fra i maggiori consumatori di energia, ci sono il settore dei trasporti e dell'industria, poi viene quello relativo al residenziale ed al terziario
- La tecnologia consentirà di migliorare l'efficienza energetica nel settore dei trasporti e di diminuire l'inquinamento
- Per esempio già oggi si può evitare di tenere il motore acceso delle auto quando si è fermi al semaforo rosso, con i veicoli elettrici, con i veicoli ibridi oppure con il dispositivo stop & start dei motori a benzina e diesel
- Anche i pneumatici hanno la loro importanza per ridurre i consumi e la loro efficienza è certificata nella targhetta, simile a quella degli elettrodomestici e delle abitazioni.



# La certificazione dell'efficienza energetica





# Mobilità elettrica significa efficienza energetica





# Mobilità elettrica significa efficienza energetica





# Mobilità elettrica significa efficienza energetica







# Mobilità elettrica significa efficienza energetica





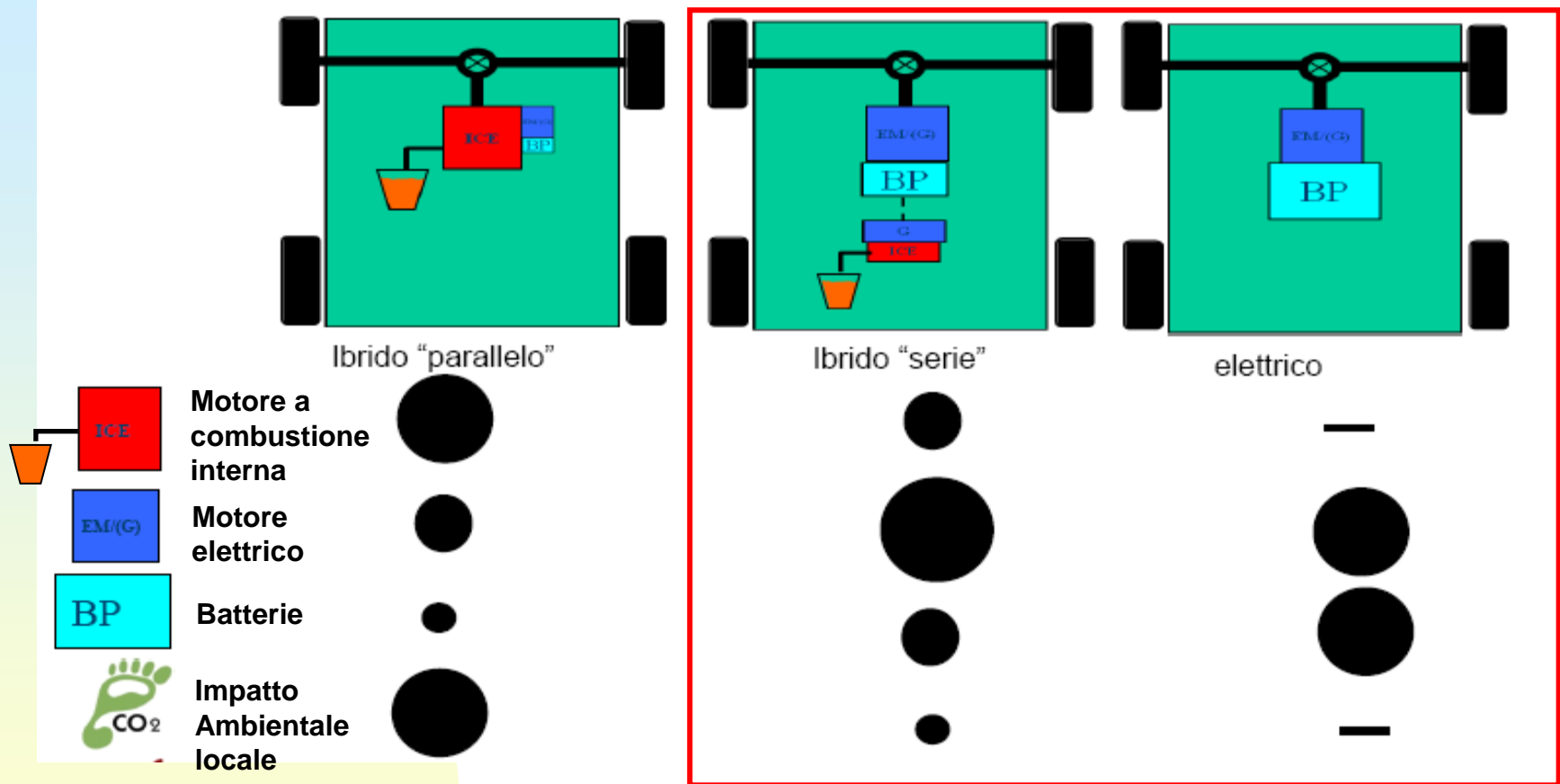


# La mobilità elettrica: le eliche delle grandi navi sono azionate da motori elettrici alimentati da generatori





# Veicoli elettrici, ibridi tipo serie e ibridi tipo parallelo



(Rielaborazione RSE su fonte prof. Savaresi, Polimi)



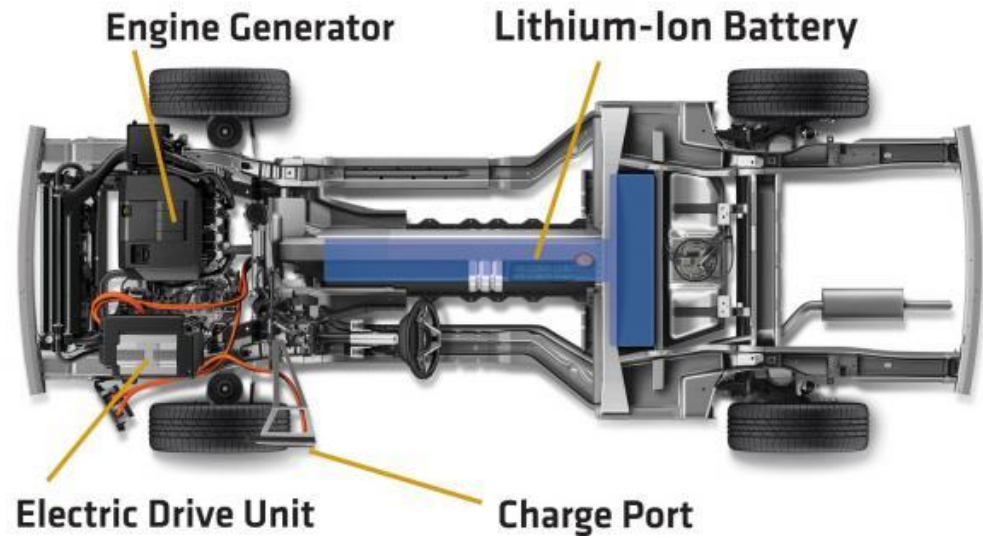
# Opel Ampera autovettura ibrida di tipo serie



Fonte sito Opel



## Opel Ampera autovettura ibrida di tipo serie



## Altri tipi di veicoli ibridi

- Alla configurazione ibrido di tipo serie e parallelo si sono aggiunti oggi i *minimal hybrid*, e i *mild hybrid*, dove un motore elettrico, di potenza ridotta, entra in funzione per integrare quello termico solo nelle fasi in cui l'efficienza e le emissioni di quest'ultimo sono particolarmente sfavorevoli: ad esempio alle partenze da fermo o in presenza di forti prelievi di potenza
- I veicoli ibridi di tipo *minimal hybrid* e *mild hybrid* non possono essere utilizzati in modalità solo elettrica
- Si nota che il costruttore Toyota costruisce veicoli ibridi cosiddetti Full Hybrid che presentano una logica di funzionamento di tipo misto: in pratica si possono comportare sia da ibridi di tipo serie che da ibridi di tipo parallelo, a seconda delle situazioni di marcia e di carica delle batterie

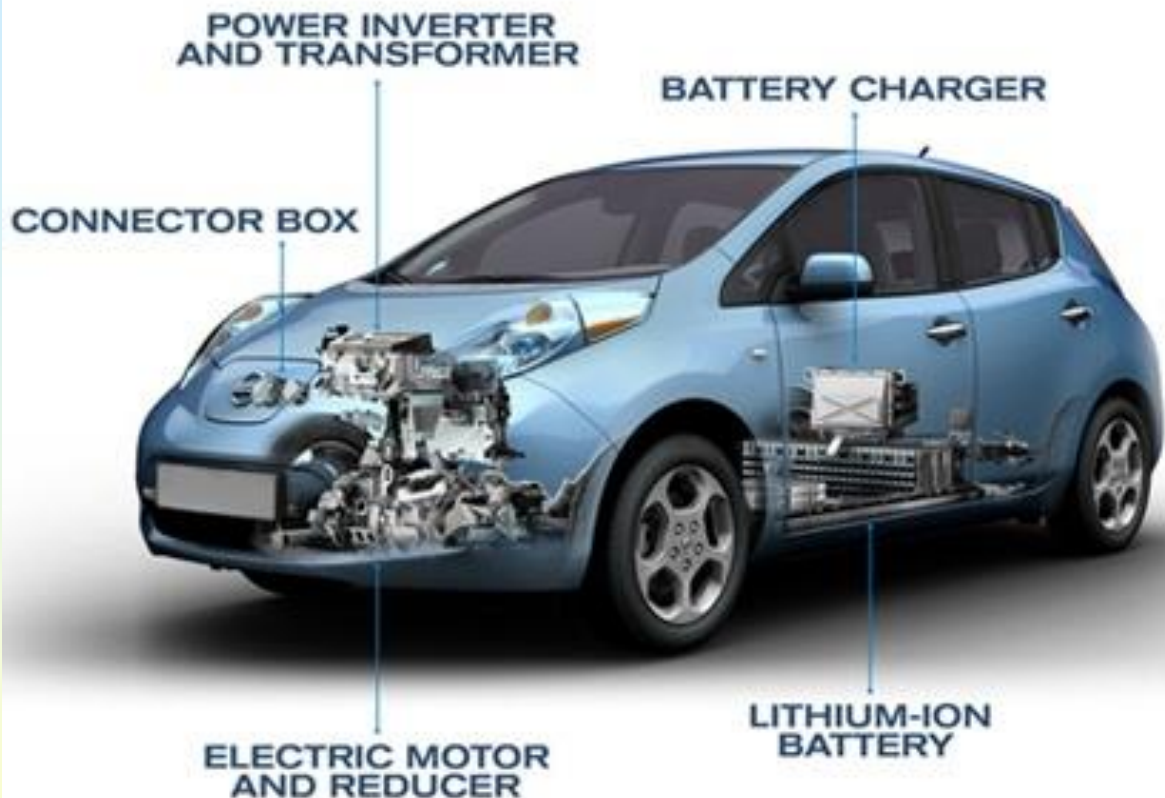


## Vantaggi dei veicoli ibridi Full Hybrid

- I vantaggi dei veicoli ibridi Full Hybrid sono i seguenti:
  - Il motore endotermico si spegne quando la vettura è ferma e le batterie sono cariche (minori consumo e inquinamento);
  - La presenza delle batterie permette di recuperare energia in discesa e in fase di decelerazione;
  - Il motore endotermico lavora il più a lungo possibile in condizioni di massimo rendimento e minime emissioni;
  - La motorizzazione elettrica permette di partire da fermo con il motore endotermico spento
  - Quando il motore endotermico è in funzione, la motorizzazione elettrica subentra per fornire le punte di potenza (coppia motrice necessaria in base al percorso o allo stile di guida).
  - La motorizzazione elettrica permette di utilizzare i motori endotermici con ciclo Atkinson che offrono un rendimento migliore del ciclo Otto, ma che per contro presentano una coppia motrice inferiore (compensata dal motore elettrico);
  - Si nota che le batterie consentono una breve percorrenza (2-3 km) in modalità solo elettrica;
  - Si nota che la definizione emissioni zero è solo teorica e si riferisce alle emissioni locali.



# Lavori Elettrici e Automotive



Batteria ad alta tensione e sistema di gestione



Inverter elettronico di potenza



Convertitore DC/DC – eventualmente integrato nell’inverter elettronico



Caricatore batteria



Compressore della climatizzazione



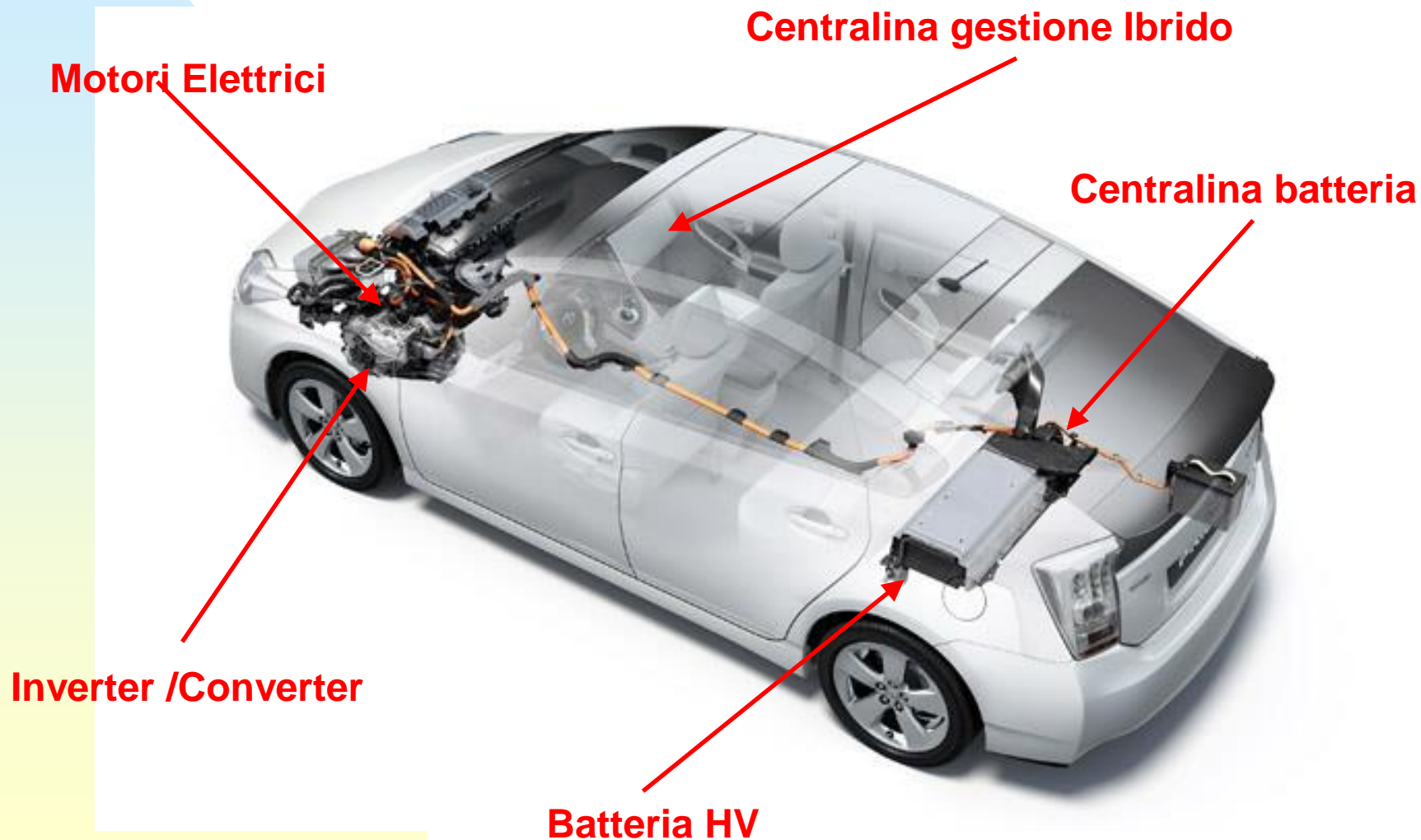
Cavi di alta tensione



Motore/Generatore

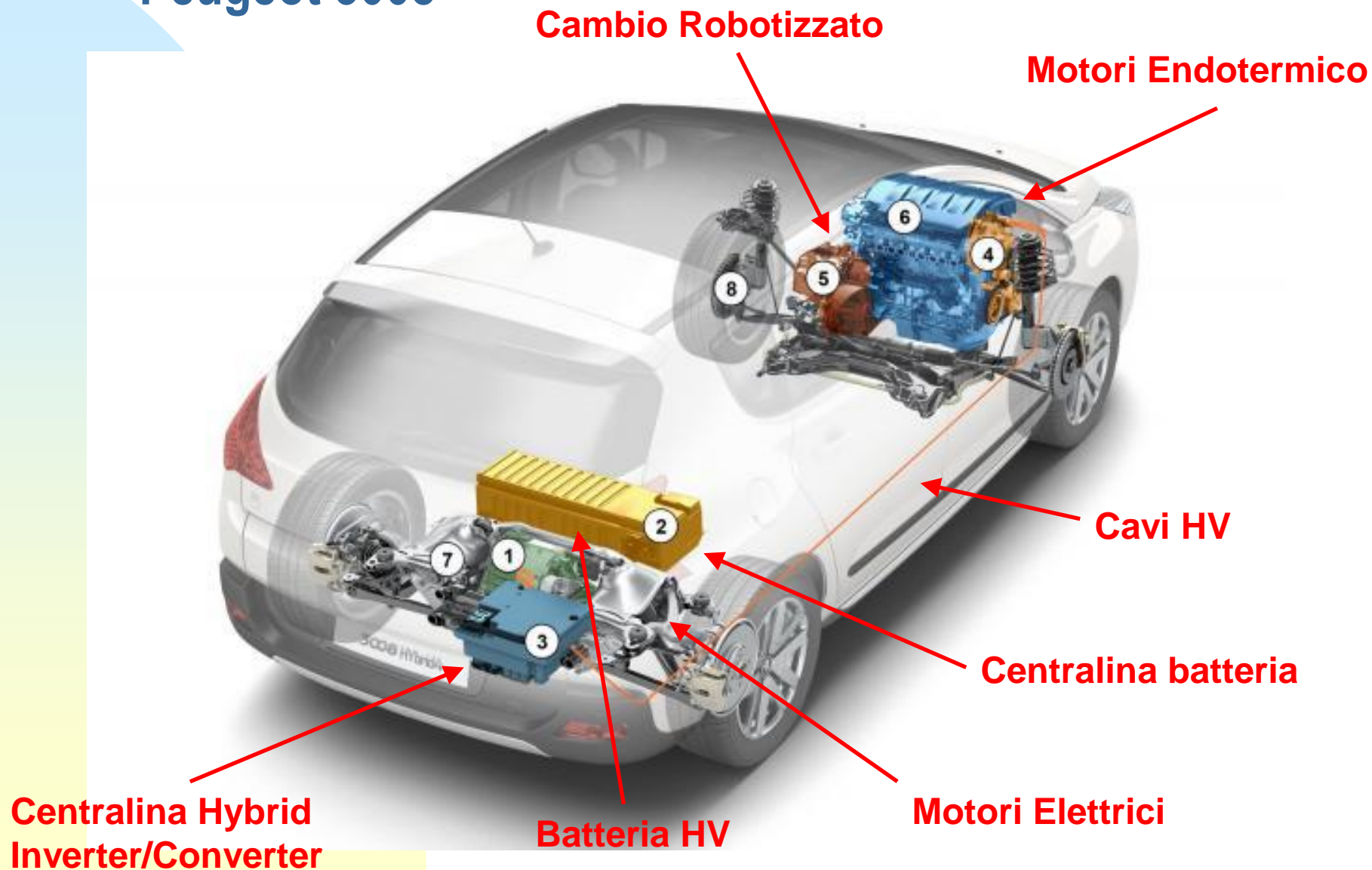


# La struttura di un veicolo ibrido Toyota Prius





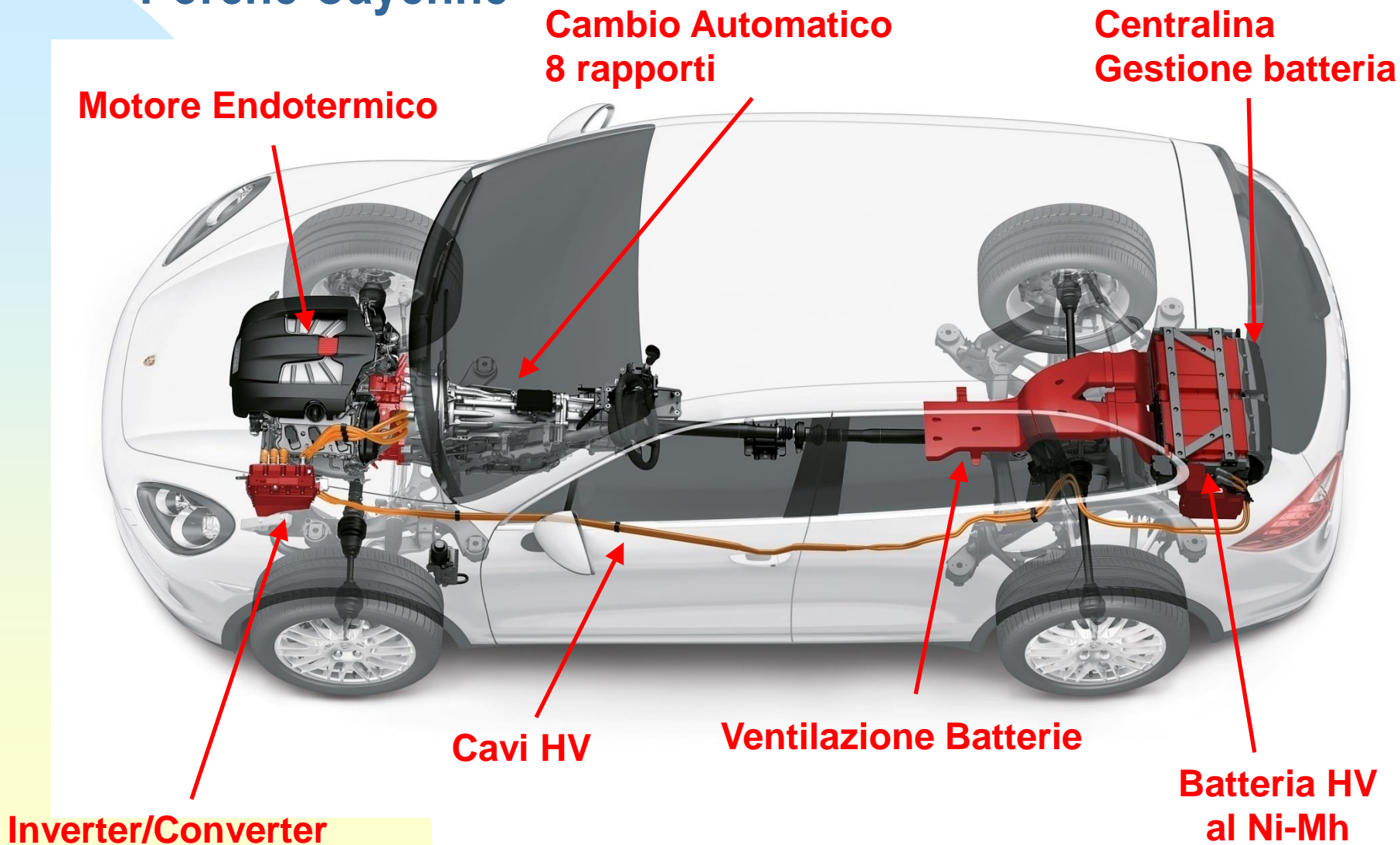
# La struttura di un veicolo ibrido Peugeot 3008







# La struttura di un veicolo ibrido Porche Cayenne







## Veicoli elettrici e veicoli ibridi plug-in

I veicoli elettrici 100 % e i veicoli ibridi plug-in sono definiti:

- **Battery Electric Vehicle: BEV**
- **Plug-in Hybrid Electric Vehicle: PHEV**

I moderni veicoli BEV grazie alle batterie al litio da 40 - 100 kWh offrono una autonomia fino a 500 km e permettono anche ricariche Fast direttamente in DC

I veicoli PHEV offrono una autonomia fino a 50 km e sono considerati più flessibili nelle aree poco servite dalle colonnine di ricarica

Si nota che sono disponibili ottime App per individuare le colonnine e organizzare le soste per la ricarica, talvolta anche gratuita



# Nissan Leaf autovettura elettrica 100 % con batterie





## Vantaggi dei veicoli elettrici 100 % con batterie

- La caratteristica tecnica di base è semplice: uno o più motori elettrici sono alimentati dalle batterie di accumulatori attraverso l'interposizione di un "regolatore" elettronico, che provvede a "dosare" la potenza (coppia) erogata dal motore in relazione alla posizione del pedale dell'acceleratore
- A differenza dei veicoli col motore a scoppio, nella grande maggioranza di quelli elettrici il motore è direttamente accoppiato al differenziale e alle ruote, senza l'interposizione del cambio e della frizione (coppia elevata allo spunto)
- La guida che ne deriva è più agevole e rilassante, soprattutto in condizioni di traffico intenso e di code
- Il rumore del motore elettrico è quasi trascurabile e questo fatto può rappresentare un problema per i pedoni e i ciclisti meno attenti



## **Vantaggi dei veicoli elettrici 100 % con batterie**

- Questa configurazione tecnica implica anche, come conseguenza, che quando l'auto è ferma il motore è anch'esso fermo: quindi, consumo e rumore nulli (inquinamento minore) ai semafori e ad ogni fermata
- Inoltre, il motore è reversibile e durante la frenata, o anche al solo rilascio del pedale acceleratore, inverte il suo funzionamento diventando un generatore elettrico che "ricarica" sia pure parzialmente la batteria a spese dell'energia cinetica del veicolo
- L'automobile frena anche per "via elettrica" oltre che attraverso i freni meccanici tradizionali, assicurando così anche una minor usura di questi ultimi
- Infine, il caricabatteria dei veicoli moderni è installato a bordo, per consentire la possibilità di ricarica dalle colonnine pubbliche o private in qualunque momento, se disponibili





# Veicoli ibridi plug-in con possibilità di ricarica dalla rete



Fonte sito Volvo



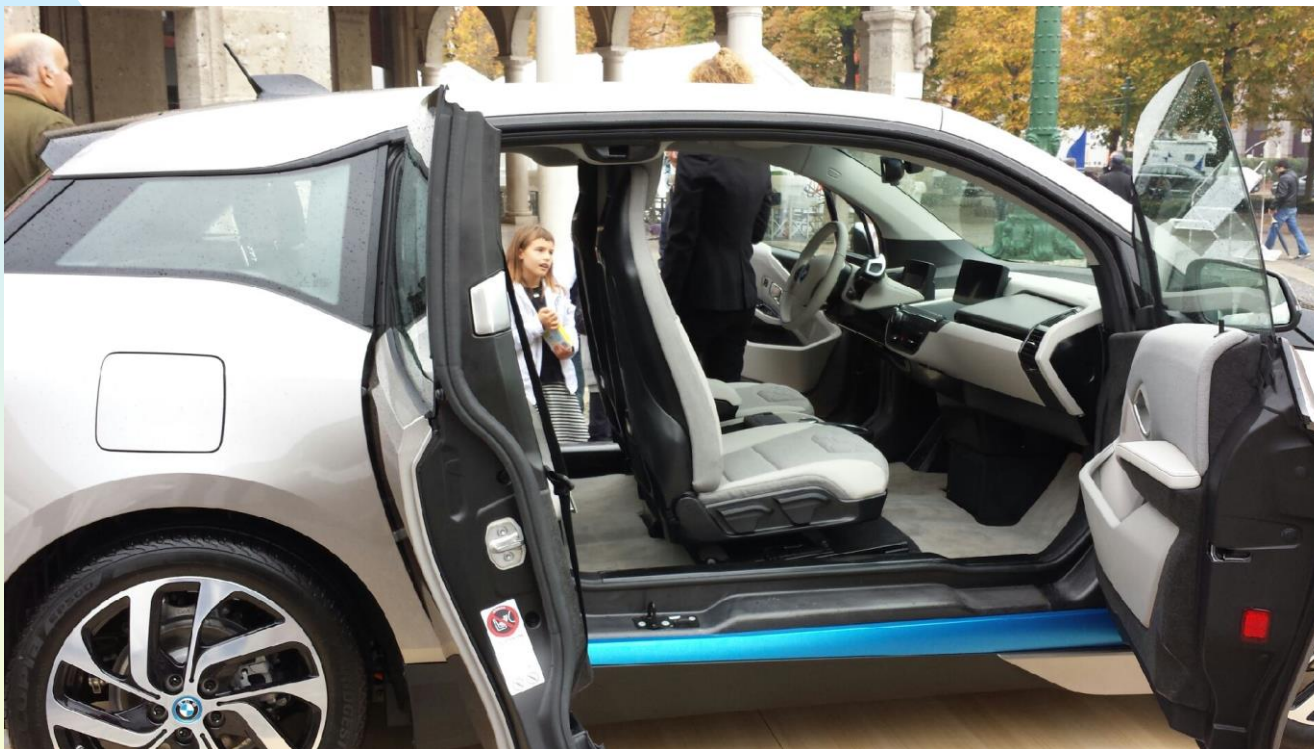


## Vantaggi dei veicoli ibridi plug-in con ricarica dalla rete

- Le batterie, di tecnologia avanzata e capaci di un'autonomia di qualche decina di chilometri in modalità 100 % elettrica, si possono ricaricare anche dalla rete elettrica oltre che dal generatore elettrico di bordo, che recupera energia in discesa e in decelerazione
- Questi veicoli in città possono funzionare ad emissioni zero e fuori città possono garantire un'elevata autonomia
- Si nota che la definizione emissioni zero è solo teorica e si riferisce alle emissioni locali (le emissioni reali dipendono dalla fonte primaria utilizzata per produrre energia elettrica)
- Questi veicoli possono rappresentare un'autentica svolta verso la mobilità pulita, perché si può beneficiare anche della massima efficienza energetica e ambientale offerte dalla ricarica dalla rete pubblica se l'energia primaria viene prodotta mediante fonti rinnovabili



# Autovettura elettrica BMW con optional range-extender



Fonte sito BMW



## Autovettura elettrica BMW con optional range-extend

- Esistono anche veicoli elettrici che sono equipaggiati (di serie oppure come optional) di un motore endotermico cosiddetto *range-extend*, che può essere utilizzato in base alle proprie esigenze per far girare un generatore elettrico che alimenta il motore elettrico che aziona le ruote, allo scopo di preservare la carica delle batterie oppure di proseguire la marcia anche a batterie scariche
- In pratica il motore elettrico viene alimentato dalle batterie oppure dal motogeneratore di bordo per estendere l'autonomia quando le batterie sono scariche
- Si nota che quest'ultima modalità è meno pregevole in termini energetici e ambientali rispetto alla modalità 100 % elettrica con ricarica delle batterie dalla rete



## Energia specifica: energia per unità di massa

□ 1 kg di carbone	→	32,5 MJ	→	9,03 kWh
□ 1 kg di etanolo	→	33,1 MJ	→	9,19 kWh
□ 1 kg di gasolio	→	45,8 MJ	→	12,72 kWh
□ 1 kg di benzina	→	46,9 MJ	→	13,03 kWh
□ 1 kg di GPL	→	49,1 MJ	→	13,64 kWh
□ 1 kg di metano	→	55,6 MJ	→	15,44 kWh
□ 1 kg di idrogeno	→	143 MJ	→	39,72 kWh

## **Veicoli elettrici a Fuel Cell**

- In una futura economia energetica basata almeno in parte sull'idrogeno, potrebbero essere utilizzati anche i veicoli elettrici alimentati da “celle a combustibile” (nella dizione anglosassone Fuel Cell)
- Le Fuel Cell sono uno speciale generatore elettrochimico che produce energia elettrica direttamente dall'elaborazione dell'idrogeno o comunque di un combustibile liquido o gassoso ricco di idrogeno
- L'alternativa di bruciare l'idrogeno direttamente nei motori endotermici a pistoni, risulta energeticamente molto meno efficiente (più o meno la metà) rispetto alle Fuel Cell.
- Dal punto di vista ambientale la combustione dell'idrogeno produrrebbe comunque una certa quantità di ossidi di azoto.
- Considerato il costo di trasformazione dell'idrogeno dal gas metano risulta preferibile bruciare direttamente il gas metano.



# Autovettura elettrica a Fuel Cell



Fonte sito Hyundai



# Autovettura elettrica a Fuel Cell



Fonte sito Toyota



## Veicoli elettrici a Fuel Cell

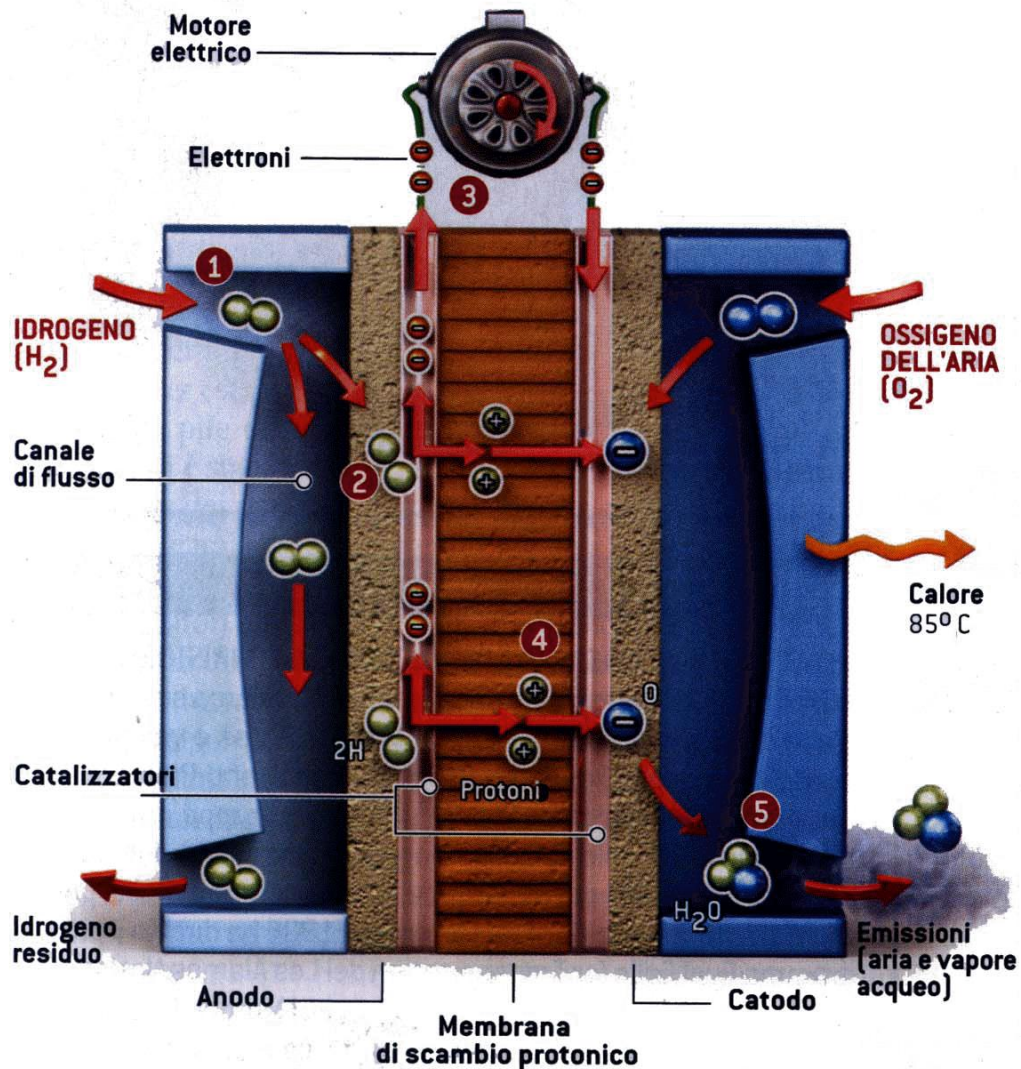
- ▣ Le Fuel Cell offrono valori di rendimento del 45-50%, decisamente migliori rispetto ai rendimenti medi del 25-28% dei motori a combustione interna operanti in regime variabile
- ▣ Tra i vari tipi di celle a combustibile, quella ad elettrolita polimerico soddisfa al meglio i requisiti necessari alla trazione
- ▣ La tecnologia è caratterizzata da bassa temperatura di funzionamento (circa 70°C), ridotti tempi di avviamento (decine di secondi), e alta densità di potenza
- ▣ Alle Fuel Cell vengono generalmente associate unità di accumulo elettrochimico (batterie o supercondensatori) che provvedono ad erogare i forti picchi di potenza richiesti in accelerazione, consentendo così di ridurre la taglia e il costo delle Fuel Cell e di recuperare l'energia in decelerazione, come sui veicoli elettrici a batterie





## Veicoli elettrici a Fuel Cell

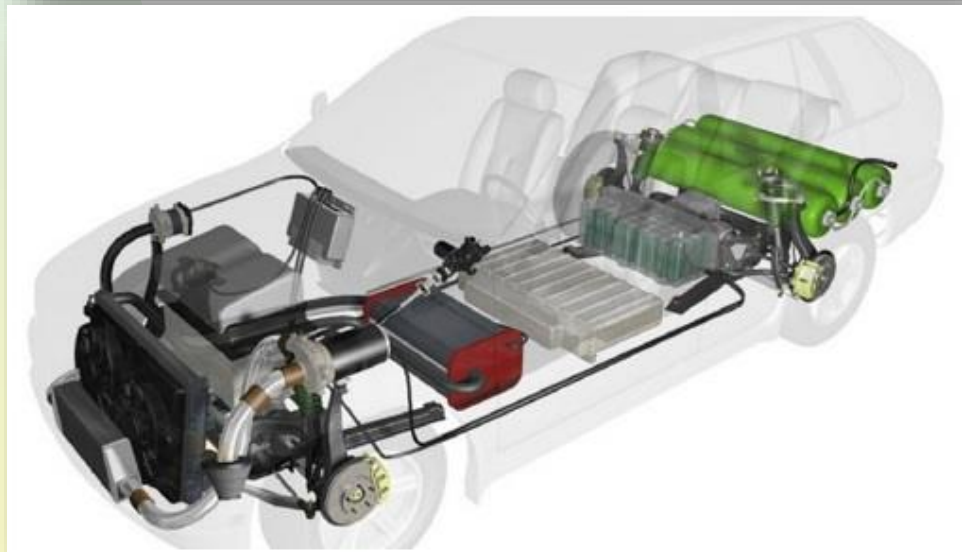
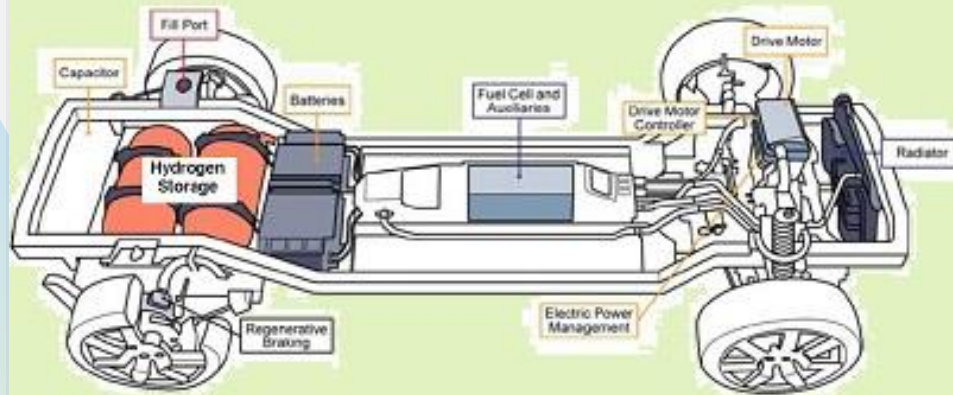
### CELLA A COMBUSTIBILE





## Veicoli elettrici a Fuel Cell

Schema di veicolo a Celle a combustibile (FCV) ad idrogeno







## **Veicoli elettrici a Fuel Cell**

- Le Fuel Cell potrebbero rappresentare in futuro l'evoluzione dell'auto elettrica a batterie per migliorarne l'autonomia e ridurre i tempi di rifornimento-ricarica
- L'uso delle Fuel Cell a idrogeno non è tuttavia praticabile nel breve termine su larga scala industriale a causa di:
  - Indisponibilità di una infrastruttura diffusa in grado di produrre e distribuire idrogeno in modo capillare sul territorio;
  - Elevato costo delle Fuel Cell stesse per la presenza di metalli preziosi, in particolare il platino;
  - Tecnologie economiche idonee allo stoccaggio a bordo del veicolo (bombole);



## Normativa di riferimento

ISO 6469-1: 2009 “Electric propelled road vehicles - Safety specifications - Part 1: On-board rechargeable energy storage system (RESS)”

ISO 6469-2: 2009 “Electric propelled road vehicles - Safety specifications - Part 2: Vehicle operational safety means and protection against failures”

**ISO 6469-3: 2018 “Electric propelled road vehicles - Safety specifications - Part 3: Protection of persons against electric shock”**



## Criteri di sicurezza elettrica

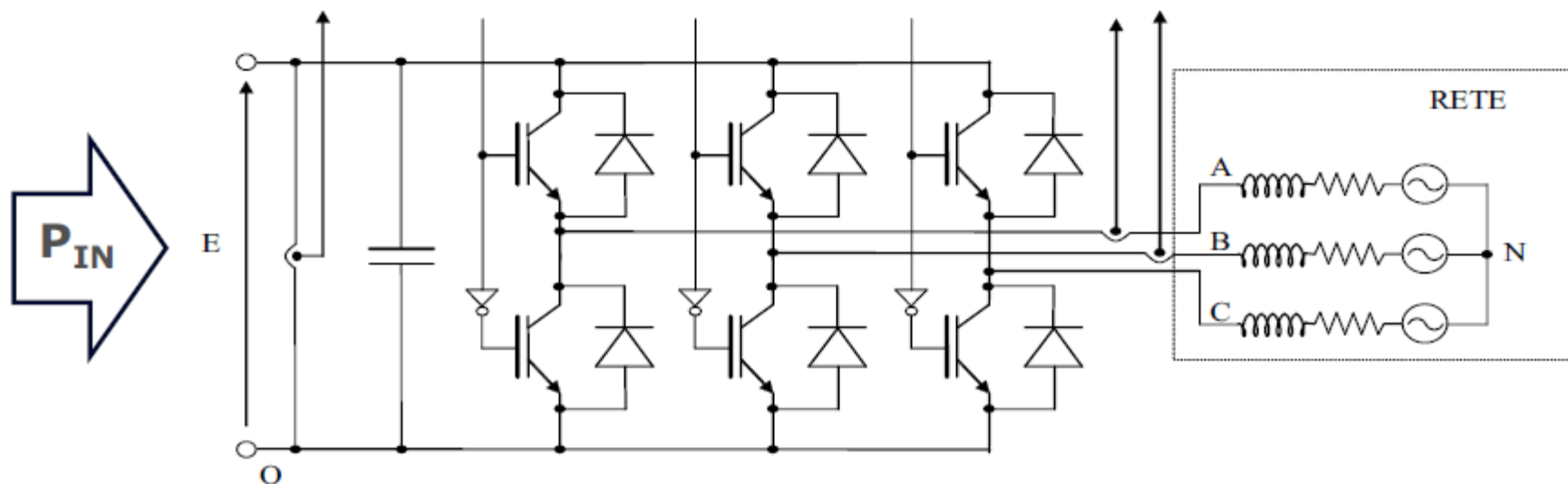
**I circuiti elettrici a tensione maggiore di 60 V in DC e 30 V in AC sono identificati con guaina di colore arancione**



## La regolazione della velocità e della coppia motrice

### Convertitori statici elettronici

L'alimentazione di un motore monofase o trifase in corrente alternata mediante una sorgente di energia in corrente continua, richiede l'utilizzo di un convertitore statico elettronico di coppia e velocità (inverter).



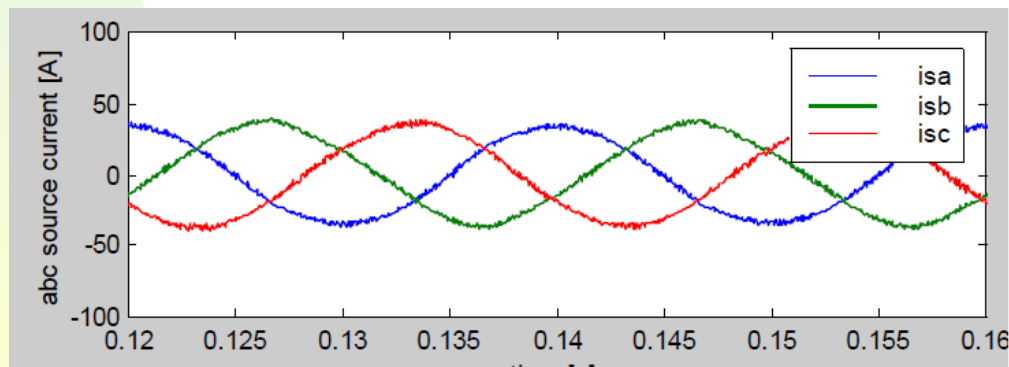


## La regolazione della velocità e della coppia motrice

### Convertitori statici elettronici

Grazie all'inverter è possibile controllare direttamente la tensione e la frequenza di alimentazione del motore e quindi la sua coppia motrice in ogni condizione di funzionamento.

Dal controllo di coppia si passa al controllo di velocità e quindi ci si posiziona nel punto di lavoro desiderato: potenza massima o velocità massima.





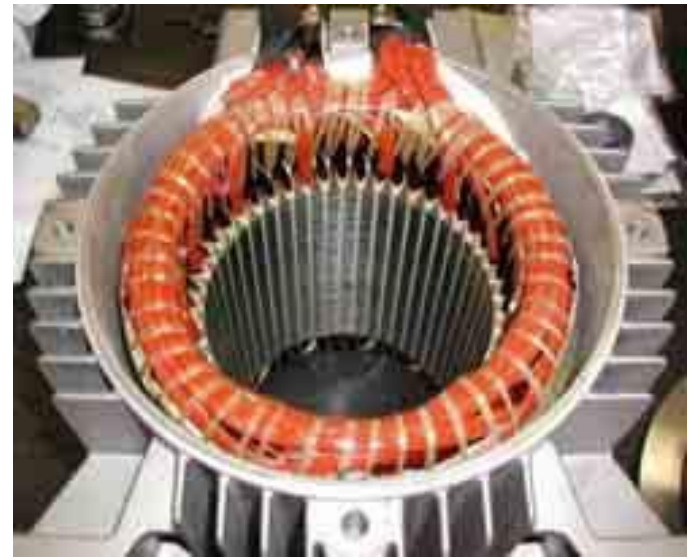
## La conversione elettromeccanica

### MACCHINE ELETTRICHE

#### a) **Motori e generatori sincroni a rotore avvolto**



**Rotore**



**Statore**



## La conversione elettromeccanica

# MACCHINE ELETTRICHE

### a) **Motori e generatori sincroni a rotore avvolto**

#### CARATTERISTICHE

1. Richiedono convertitore elettronico sia sullo statore che sul rotore
2. Adatte ad essere realizzate con un elevato numero di poli e quindi per velocità di rotazione basse
3. Adatte per applicazioni ad azionamento diretto (directdrive), cioè senza riduttore
4. Efficienza elevata
5. Particolarmente adatte per applicazioni di grande potenza



## La conversione elettromeccanica

# MACCHINE ELETTRICHE

### a) **Motori e generatori sincroni a rotore avvolto**

#### LIMITI

1. Costo elevato
2. Complessità costruttiva

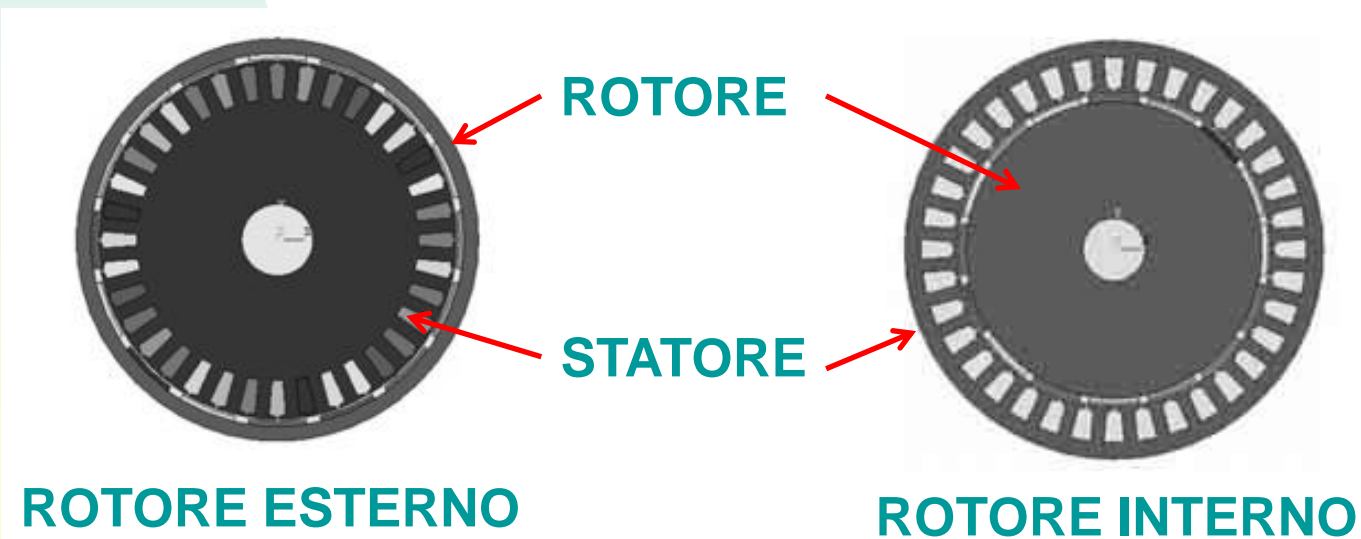


La conversione elettromeccanica

## MACCHINE ELETTRICHE

### b) **Motori e generatori sincroni a magneti permanenti**

A FLUSSO RADIALE

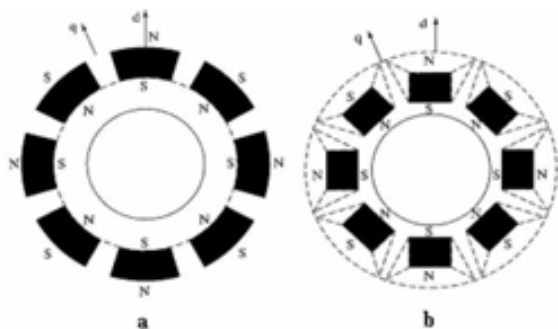


## La conversione elettromeccanica

# MACCHINE ELETTRICHE

## b) **Motori e generatori sincroni a magneti permanenti**

### A FLUSSO RADIALE



o 1.1 Sezioni trasversali dei rotori di motori sincroni a magneti permanenti



**Rotore con magneti permanenti**  
*(statore analogo alla macchina asincrona)*



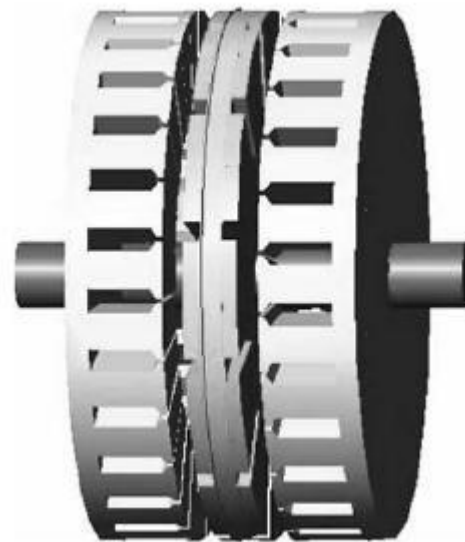


## La conversione elettromeccanica

# MACCHINE ELETTRICHE

## b) **Motori e generatori sincroni a magneti permanenti**

### A FLUSSO ASSIALE





## La conversione elettromeccanica

# MACCHINE ELETTRICHE

### b) **Motori e generatori sincroni a magneti permanenti**

#### CARATTERISTICHE

1. Il campo magnetico è prodotto da magneti permanenti posti sul rotore
2. Richiedono convertitore elettronico solo sullo statore.
3. Adatte ad essere realizzate con un elevato numero di poli e quindi per velocità di rotazione basse
4. Adatte per applicazioni ad azionamento diretto (directdrive), cioè senza riduttore
5. **Elevata densità di coppia** (peso ridotto)
6. Efficienza elevata



## La conversione elettromeccanica

# MACCHINE ELETTRICHE

### **b) Motori e generatori sincroni a magneti permanenti**

#### LIMITI

- 1. Costo elevato**
2. Limitata resistenza alle sollecitazioni meccaniche (vibrazioni)
3. Difficoltà di controllo a velocità di rotazione maggiori della nominale
4. Difficoltà di assemblaggio

**N.B.** Le macchine sincrone a magneti permanenti sono dette anche “**BRUSHLESS**”

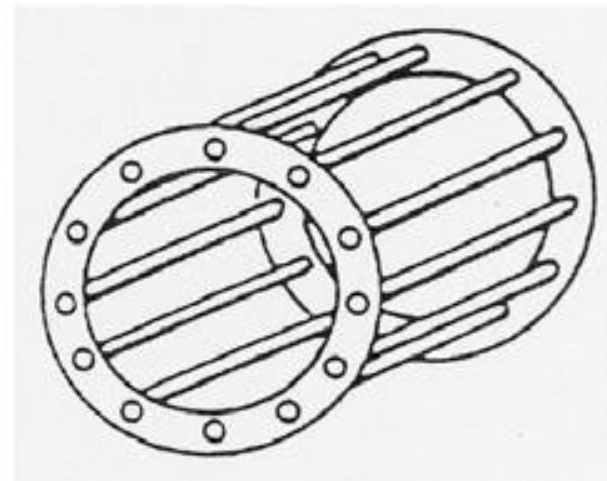
## La conversione elettromeccanica

# MACCHINE ELETTRICHE

### c) **Motori e generatori asincroni con rotore a gabbia**



**STATORE**



**ROTORE A GABBIA**

## La conversione elettromeccanica

# MACCHINE ELETTRICHE

### **b) Motori e generatori asincroni con rotore a gabbia**

#### CARATTERISTICHE

1. Il campo magnetico è prodotto dalle correnti indotte sul rotore (non vi sono magneti sul rotore)
2. Richiedono un convertitore elettronico solo sullo statore.
3. Adatte per applicazioni ad azionamento con moltiplicatore di giri (geared).
4. **Costo ridotto**
5. Particolarmente adatte per taglie piccole e medio-piccole





## La conversione elettromeccanica

# MACCHINE ELETTRICHE

### **b) Motori e generatori asincroni con rotore a gabbia**

#### LIMITI

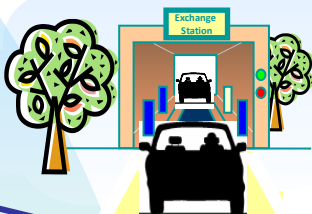
- 1. Efficienza inferiore alle macchine sincrone**
- 2. Densità di coppia inferiore alle macchine sincrone**
- 3. Non particolarmente adatte ad essere realizzate con un elevato numero di poli e quindi non adatte per velocità di rotazione basse**
- 4. Corrente magnetizzante elevata (il convertitore elettronico deve essere sovradimensionato)**



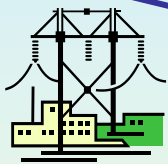
# Possibili situazioni di ricarica

**Stazioni dedicate  
per ricarica rapida**

max 1 hour



max 1 hour



**Ricarica rapida in  
autostrada**



7-10 hours , during night

**In Hotel**

**A casa o nel condominio**

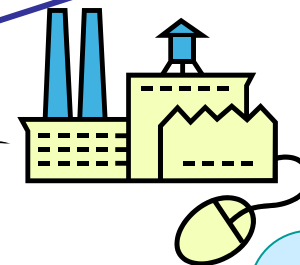


7-10 hours , during night



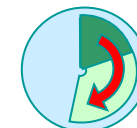
7-10 hours ,  
during day

**Al  
lavoro**



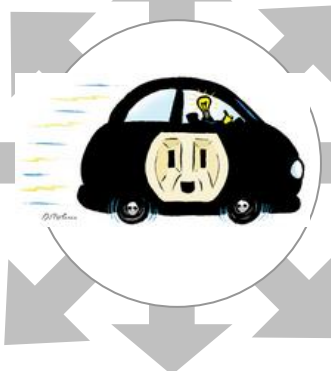
Variable  
duration

**Parcheggi  
pubblici e  
privati  
(ristoranti)**



< 2 hours

**« Biberon » durante la spesa**





## Il futuro del car sharing in città sarà elettrico ?





# Piano Nazionale infrastrutturale per la ricarica elettrica

## Legge 7 agosto 2012, n. 134

Conversione in legge, con  
modificazioni, del decreto-  
legge 22 giugno 2012, n. 83,  
recante Misure

urgenti per la crescita del Paese  
(Gazzetta Ufficiale n. 187 dell'11  
agosto 2012 - Suppl. Ordinario  
n. 171)

### Art. 17 septies

Piano nazionale infrastrutturale  
per la ricarica dei veicoli  
alimentati ad energia elettrica



*Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti*

Legge 7 agosto 2012, n. 134  
Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 22 giugno 2012, n. 83, recante Misure  
urgenti per la crescita del Paese  
(Gazzetta Ufficiale n. 187 dell'11 agosto 2012 - Suppl. Ordinario n. 171)

**Art. 17 septies**  
Piano nazionale infrastrutturale per la ricarica dei veicoli alimentati ad energia elettrica

**Piano Nazionale Infrastrutturale  
per la Ricarica dei veicoli alimentati ad energia Elettrica**

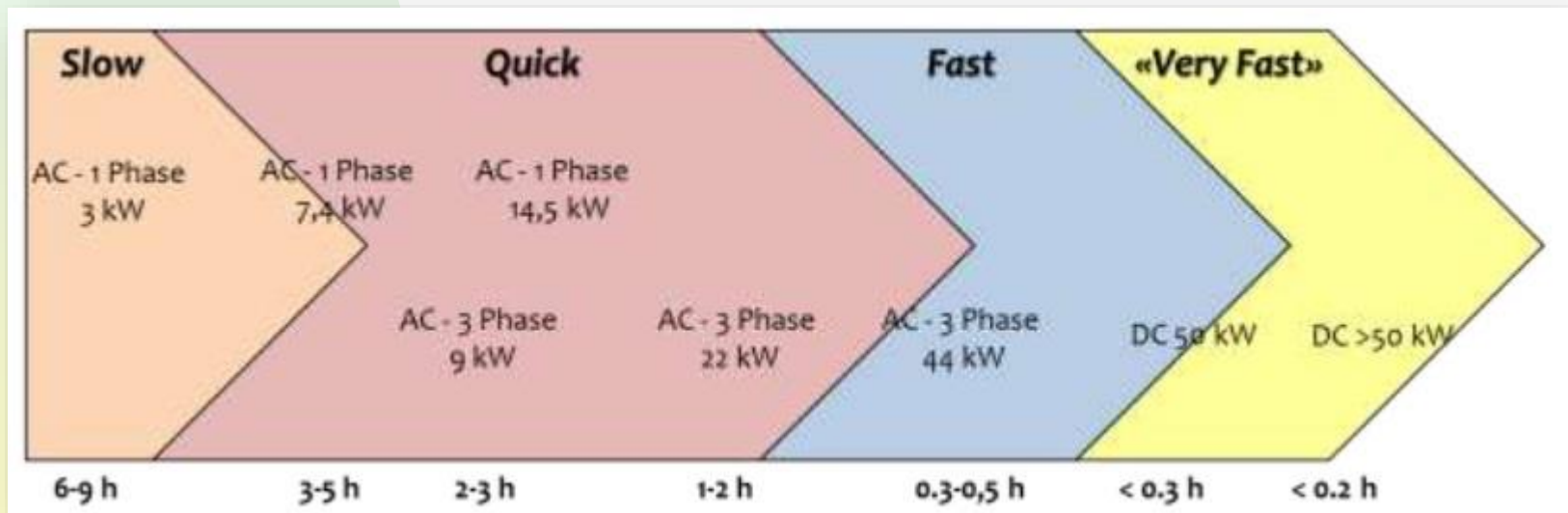
*Testo per  
Consultazione pubblica*

*A cura del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti  
Dipartimento per le Infrastrutture, gli Affari Generali ed il Personale  
Direzione Generale per lo Sviluppo del territorio, la programmazione ed progetti internazionali*

Roma, 10 aprile 2013

## Struttura e fasi del piano

- Con riferimento allo sviluppo della **Prima Fase**, sulla base delle **classificazioni realizzate da Cives ed Eurelectric**, il Piano Nazionale individua le seguenti classi di infrastrutture di ricarica sulla base della capacità di erogazione dell'energia:
  - Normal power (Slow charging) - fino a 3,7 kW;
  - Medium power (Quick charging) - da 3,7 fino a 22 kW;
  - High power (Fast charging) - superiore a 22 kW (*ad oggi le sperimentazioni diffuse su scala nazionale sono quelle a 43 kW in corrente alternate e 50 kW in corrente continua*).







## **DECRETO LEGISLATIVO 16 dicembre 2016, n. 257**

**Disciplina di attuazione della direttiva 2014/94/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 22 ottobre 2014, sulla realizzazione di una infrastruttura per i combustibili alternativi.**



## DECRETO LEGISLATIVO 16 dicembre 2016, n. 257

### ▪ **Art. 2 - Definizioni**

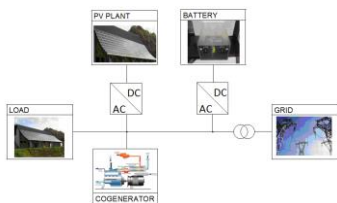
- ▣ c) punto di ricarica: un'interfaccia in grado di caricare un veicolo elettrico alla volta o sostituire la batteria di un veicolo elettrico alla volta;
- ▣ d) punto di ricarica di potenza standard: un punto di ricarica, che consente il trasferimento di elettricità a un veicolo elettrico di potenza pari o inferiore a 22 kW, esclusi i dispositivi di potenza pari o inferiore a 3,7 kW, che sono installati in abitazioni private o il cui scopo principale non è ricaricare veicoli elettrici, e che non sono accessibili al pubblico. Il punto di ricarica di potenza standard è dettagliato nelle seguenti tipologie:
  - ▣ 1) lenta = pari o inferiore a 7,4 kW;
  - ▣ 2) accelerata = superiore a 7,4 kW e pari o inferiore a 22 kW;
- ▣ e) **punto di ricarica di potenza elevata**: un punto di ricarica che consente il trasferimento di elettricità a un veicolo elettrico di potenza superiore a 22 kW. Il punto di ricarica di potenza elevata è dettagliato nelle seguenti tipologie:
  - ▣ 1) veloce: superiore a 22 kW e pari o inferiore a 50 kW;
  - ▣ 2) ultra-veloce: superiore a 50 kW



# Le batterie di accumulatori: campi di applicazione



Applicazioni tradizionali ***non connesse alla rete***: alimentazione di emergenza per carichi privilegiati; UPS; apparecchiature portatili; sistemi elettrici isolati e/o navi, aerei, treni; **avviamento di veicoli; stazioni TLC**



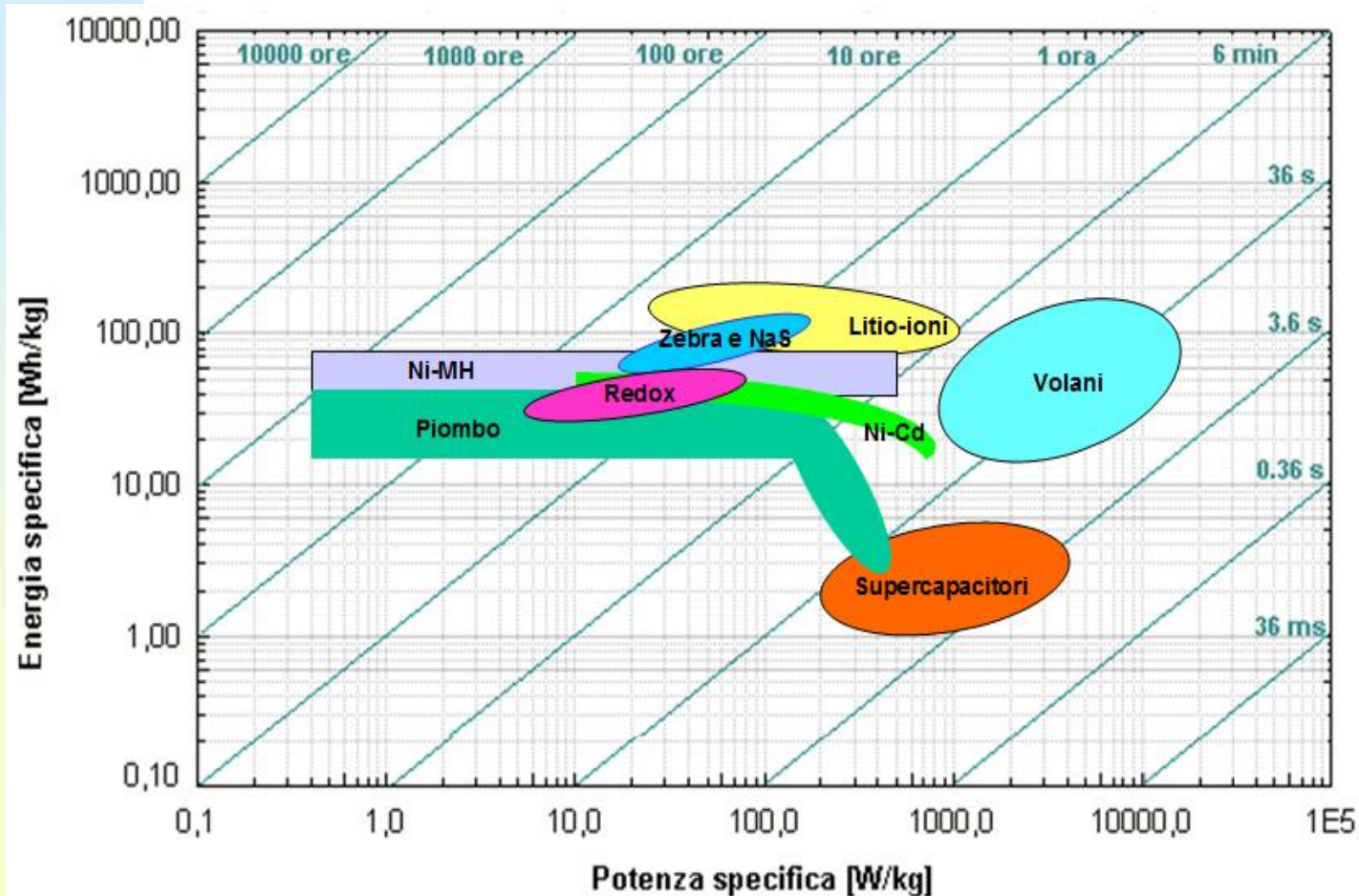
Applicazioni per il sistema elettrico connesse alla rete: accoppiamento alle rinnovabili, time-shift, regolazione primaria, ecc.



Alimentazione di veicoli a propulsione elettrica o ibrida

## Parametri prestazionali

Diagramma di Ragone: energia specifica vs potenza specifica



"Fonte: RSE"



## Le batterie di accumulatori: campi di applicazione

- Applicazioni **in energia**: grande capacità per scambiare potenza per lunghi periodi (**ore**)
- Applicazioni **in potenza**: scambiare elevate potenze per brevi periodi (**secondi ÷ minuti**)







## Le batterie di accumulatori: applicazioni in energia

- Applicazioni in energia: grande capacità per scambiare potenza per lunghi periodi (**ore**)





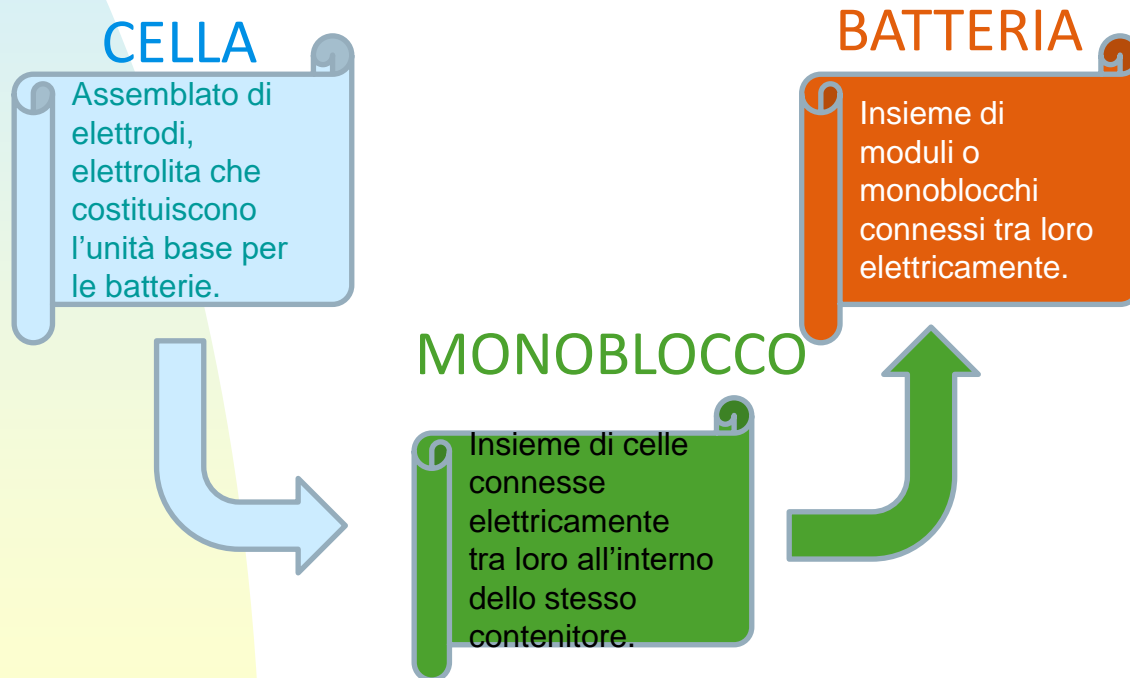
## Le batterie di accumulatori: applicazioni in potenza

- Applicazioni **in potenza**: scambiare elevate potenze per brevi periodi (**secondi ÷ minuti**)



## Le batterie di accumulatori

- Le **batterie** sono realizzate collegando in serie e/o parallelo un certo numero di celle elementari
- I sistemi di accumulo innovativi integrano anche sistemi elettronici di gestione





## Tecnologie disponibili

Classificazione in funzione della natura elettrochimica delle sostanze reagenti

Tradizionali	Piombo acido VRLA
	Piombo acido VLA
	Nichel/cadmio
	Nichel/idruri metallici
Innovative	Litio-ioni (LiFe, NCA, NMC, LTO, ecc.)
	Litio-polimeri
	Sodio/zolfo (ad alta temperatura)
	Sodio/cloruro di nichel(ad alta temperatura)
	Batterie a flusso di elettrolita



## Parametri prestazionali

Alcuni parametri per il dimensionamento e il confronto tecnico/economico:

- Tensione nominale e **Capacità**
- Energia e potenza
- Rendimento energetico
- Rendimento amperometrico
- Tempo di vita
- Costo specifico
- **Sicurezza intrinseca**, tempo di installazione, ingombro, oneri di manutenzione e smaltimento (impatto ambientale)

***Le prestazioni delle batterie sono dipendenti dalle modalità di lavoro***



## Parametri prestazionali

**Forza elettromotrice [V]:** differenza di potenziale tra i due elettrodi a circuito esterno aperto. Il suo valore generalmente nel corso del funzionamento a seconda dello stato di carica.

La *tensione nominale* è un valore rappresentativo della tensione ai morsetti durante la scarica.

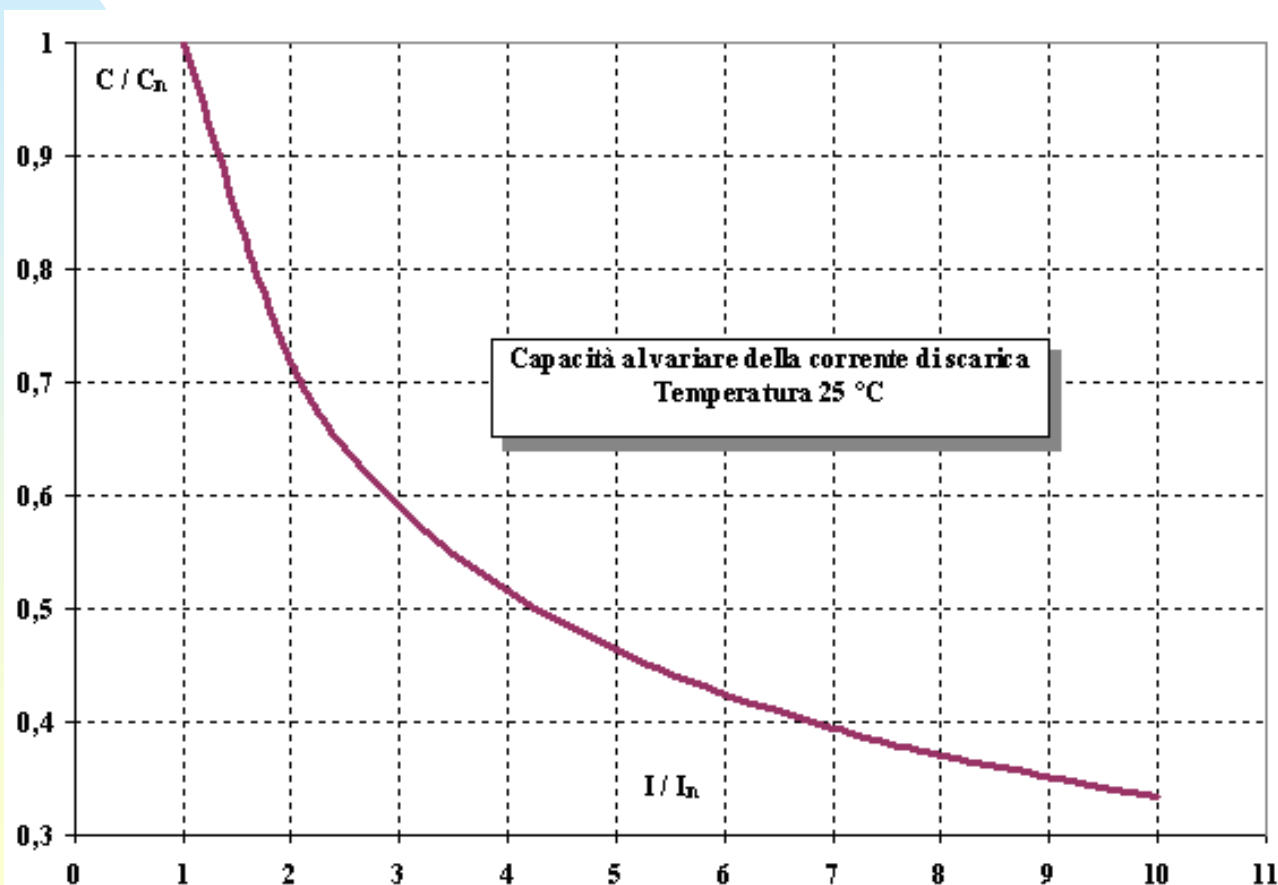
**Capacità [Ah]:** Quantità di carica elettrica che può essere estratta dalla batteria durante la scarica, fino al raggiungimento della condizione di fine scarica (tensione minima). Il suo valore dipende da molti fattori tra cui la corrente di scarica e la temperatura di lavoro.

La *capacità nominale* è riferita ad un particolare regime di scarica e temperatura



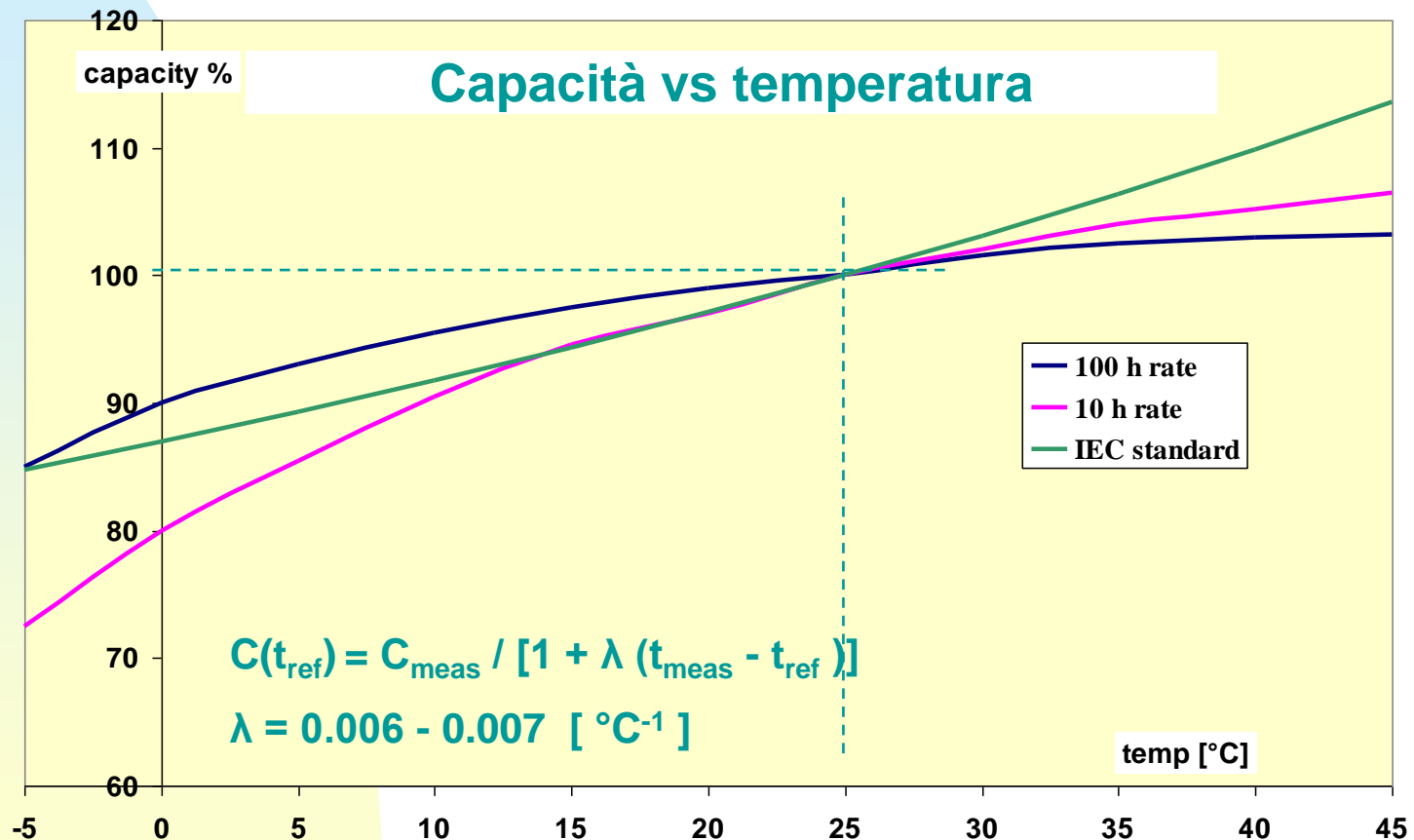
## Parametri prestazionali

Curva di Peukert: capacità di un accumulatore al variare della corrente di scarica a parità di temperatura



## Parametri prestazionali

Capacità di un accumulatore al variare della temperatura ambiente a parità di corrente di scarica





## Parametri prestazionali

**Stato di Carica** (State of charge – **SOC**) quantità di carica presente nell'accumulatore, rapportata ad un valore di riferimento, molto spesso coincidente con la capacità nominale, espressa in percentuale.

**Profondità di Scarica** (Depth of Discharge – **DOD**): quantità di carica erogata dall'accumulatore rapportata ad un valore di riferimento, molto spesso coincidente con la capacità nominale, espressa in percentuale

**Rendimento amperometrico** [%]: rapporto tra la carica estratta dal sistema di accumulo durante una scarica ad una data corrente e quella spesa per riportare il sistema nello stato di carica iniziale, solo per alcune tecnologie è unitario.



## Parametri prestazionali

**Energia nominale** [Wh]: la quantità di energia che si può estrarre dal sistema in una scarica a potenza nominale

**Energia specifica** [Wh/kg]/**densità di energia** [Wh/l]: energia rapportata al peso/al volume del sistema

**Potenza nominale** [W]: la potenza di scarica corrispondente al tipico regime di lavoro del sistema, stabilita dall'applicazione (non è stabilita in modo univoco). **Potenza di picco** ai 30 s, definita come la potenza che l'accumulatore è in grado di sostenere per 30 s con un valore del DOD dell'80% (cioè con batteria quasi scarica).

**Potenza specifica** [W/kg]/**densità di potenza** [W/l]: potenza rapportata al peso/al volume del sistema



## Parametri prestazionali

**Rendimento energetico [%]:** rapporto tra l'energia estratta dal sistema di accumulo durante una scarica ad una data potenza e quella spesa per riportare il sistema nello stato di carica iniziale

**Tempo di risposta:** tempo con cui il sistema risponde ad una variazione di carico (per tutti gli accumulatori è inferiore al secondo)

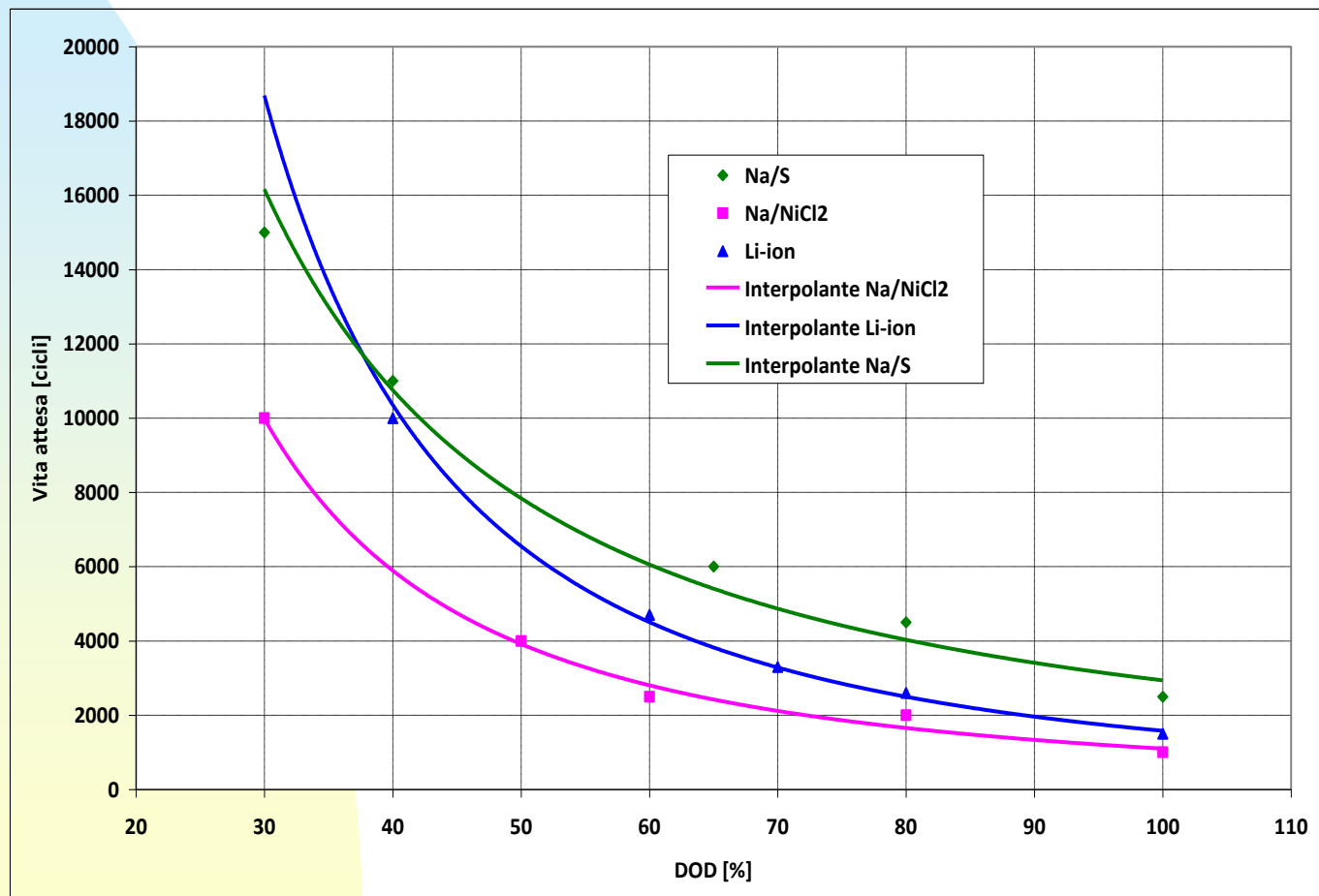
**Livello di sicurezza intrinseca:** definisce quanto la tecnologia è sicura a prescindere dall'impiego di sistemi di sicurezza

**Vita attesa [cicli]:** numero di cicli di scarica e ricarica che il sistema è in grado di completare in determinate condizioni di lavoro

**Costo di investimento e costi operativi:** prezzo di acquisto del sistema e costi di consumi manutenzione (annuali)

# Parametri prestazionali

Vita attesa ciclica al variare della profondità di scarica per tre tipologie di accumulatori elettrochimici



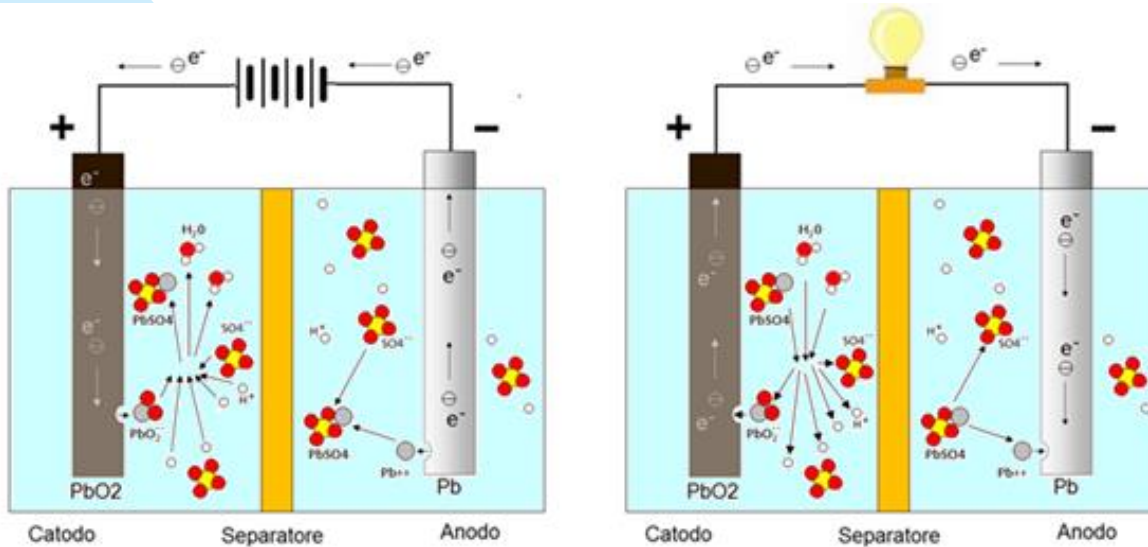




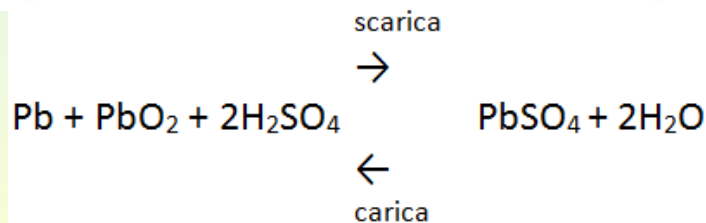
## Reazioni parassite

- Reazioni secondarie che ostacolano il funzionamento della cella elettrochimica
- La più famosa è la **reazione di gassificazione** negli accumulatori con elettrolita acquoso
- Al superamento della tensione di gassificazione si avvia l'elettrolisi dell'acqua dell'elettrolita producendo idrogeno all'elettrodo negativo e ossigeno al positivo ➡ riduzione del rendimento; problemi di sicurezza (necessità di ventilazione nel locale); consumo d'acqua
- **Autoscarica**: scarica che avviene a riposo

# Accumulatore al piombo



**Cella elementare**  
Elettrodo negativo:  
piombo  
Elettrodo positivo:  
solfato di piombo  
Elettrolita: soluzione  
acquosa di acido  
solforico



La tensione nominale di una cella elementare è di 2 V



## Accumulatore al piombo

Trovano largo impiego in applicazioni stazionarie quali UPS, alimentazioni di emergenza in centrali o sottostazioni elettriche, telecomunicazione, nei trasporti.

Per ottimizzare l'ingombro si realizzano monoblocchi da 6 o 12 celle elementari (tensione nominale 12-24 V)

Molte tipologie di celle raggruppate in due tipi:

- VLA (Vented Lead Acid) o aperti;
- VRLA (Valve Regulated Lead Acid) o ermetici.



VLA



VRLA

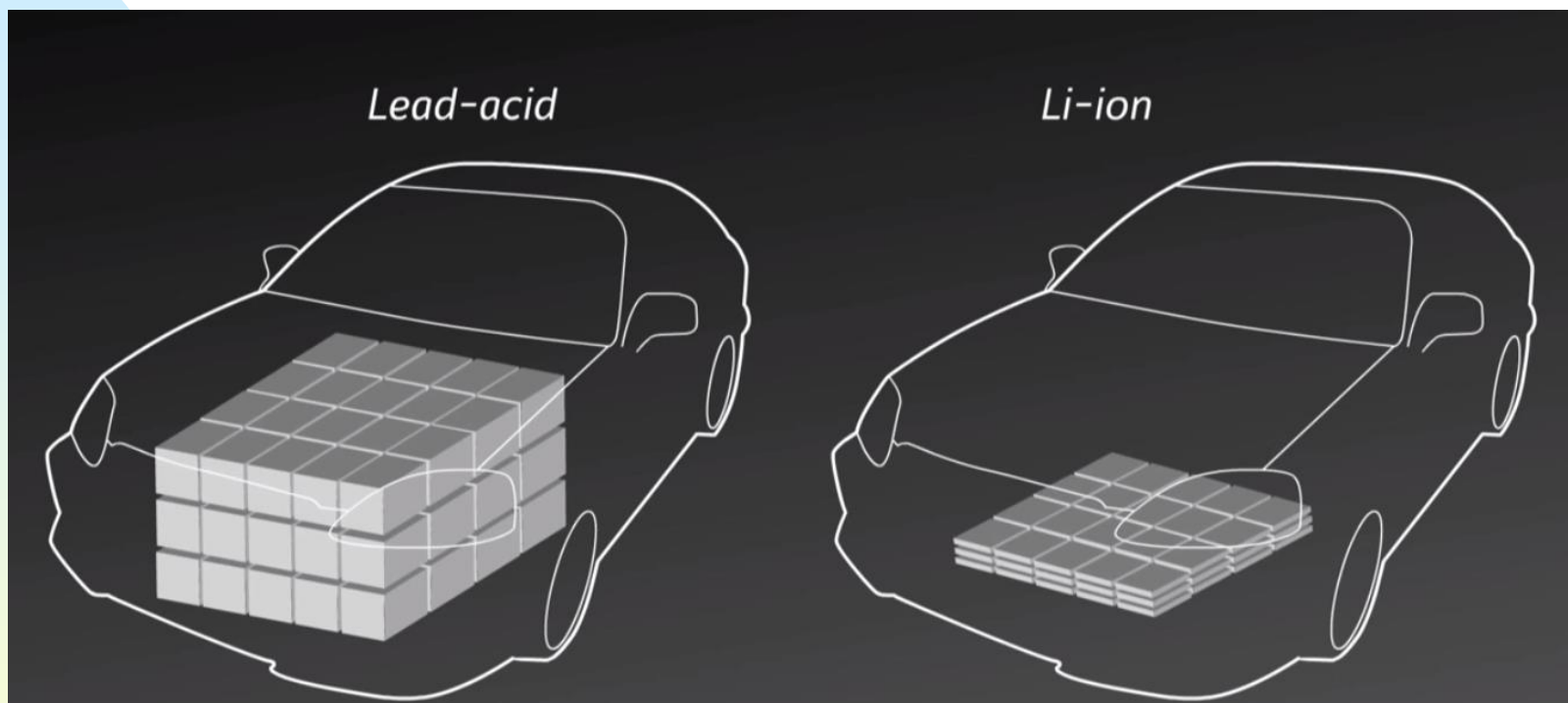


## Accumulatore al piombo

- ▣ È la tecnologia più diffusa, matura ed economica, a base materie prime poco costose e completamente riciclabile
- ▣ Capacità di cella fino a 10000 Ah
- ▣ Rendimento energetico tra 70 e 85%
- ▣ Energia specifica ridotta 20 ÷ 40 Wh/kg per le VRLA (più compatte), 15 ÷ 25 Wh/kg per le VLA → non adatta per l'uso veicolare
- ▣ Vita attesa 500÷1000 a DOD 80% (1500 per il piombo avanzato)
- ▣ Prestazioni fortemente dipendenti dalle condizioni di lavoro.
- ▣ Rendimento amperometrico non unitario
- ▣ L'installazione occupa un certo ingombro, richiede una adeguata ventilazione



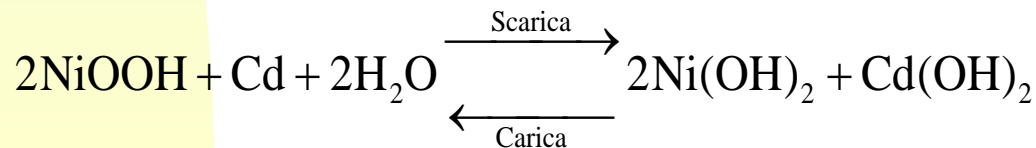
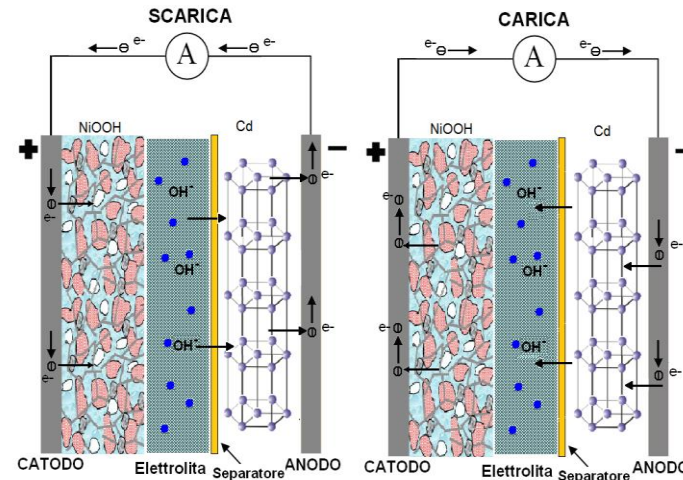
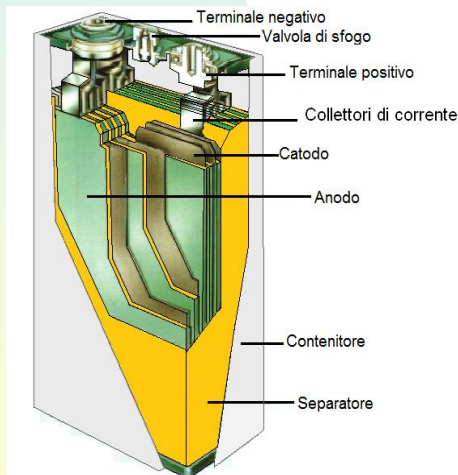
## Qual è la batteria migliore per un veicolo elettrico?





# Accumulatore al nichel - cadmio

- Sono impiegati in diverse applicazioni industriali, militari, come UPS, nella trazione ferroviaria e in generale dove si richiedono sistemi particolarmente robusti e affidabili.
- Problemi ambientali per la presenza di cadmio → permesso l'uso industriale con obbligo di smaltimento
- se correttamente smaltiti possono essere riciclati quasi totalmente



## Accumulatore al nichel - cadmio

- ✓ Vita attesa di 1500 cicli a DOD 80%, sono adatti a lavorare in potenza
- ✓ Lavorano bene in condizioni ambientali estreme, tra -50 e +60 °C
- ✓ rendimento energetico basso 60-70%,
- ✓ Costi molto elevati e non ci sono molte prospettive di diminuzione

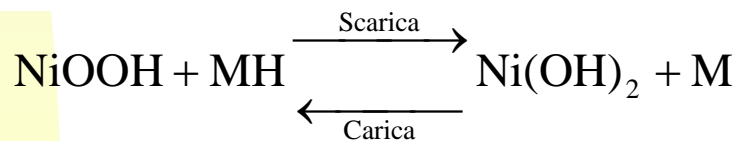
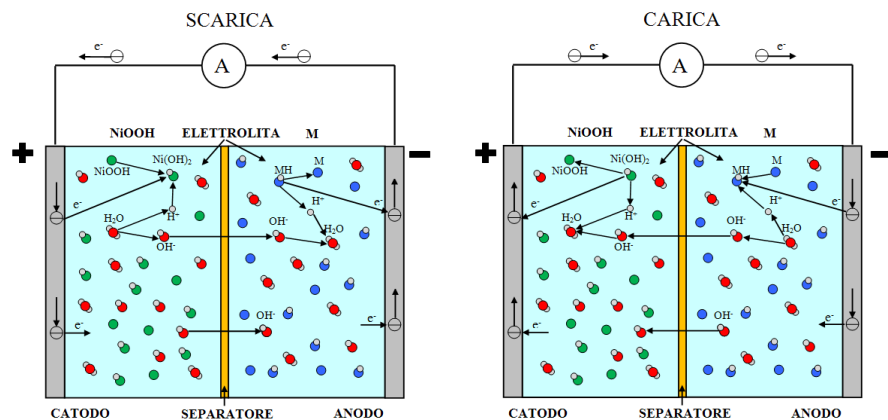
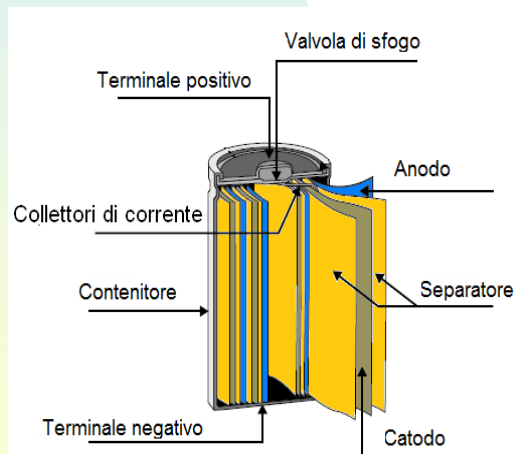


Batteria di Fairbanks in Alaska dalla Golden Valley Electric Authority (GVEA), composta da 13000 celle nichel/cadmio.

- Tensione di 5000 V
- capacità di 3680 Ah
- È una delle più potenti al mondo, in grado di erogare 46 MW per 5 minuti e di operare a temperature molto al di sotto dello zero, tipiche della zona.

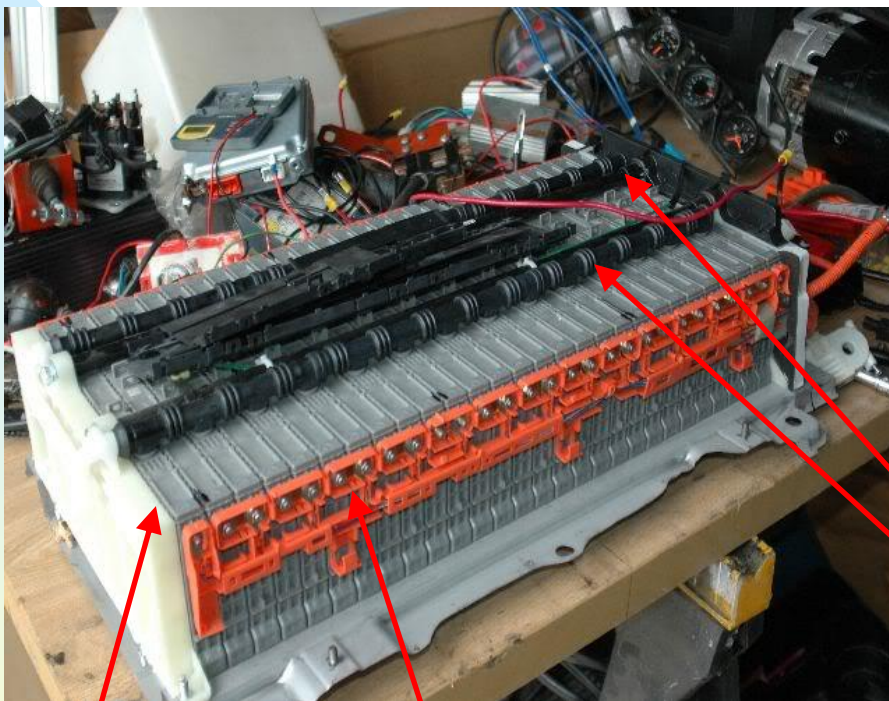
# Accumulatore al nichel - metal idruri

- Risultato dell'unione tra le tecnologie di accumulo di idrogeno e quella della nickel-cadmio
- Caratteristiche simili alla nickel/cadmio ma meno inquinante
- Elettrolita acquoso di tipo alcalino.





## Batteria al nichel - metal idruri della Toyota Prius ibrida



**28 elementi da 7,6 V**

**Punti di controllo**

**Tubazioni di scarico  
Elettrolito surriscaldato**

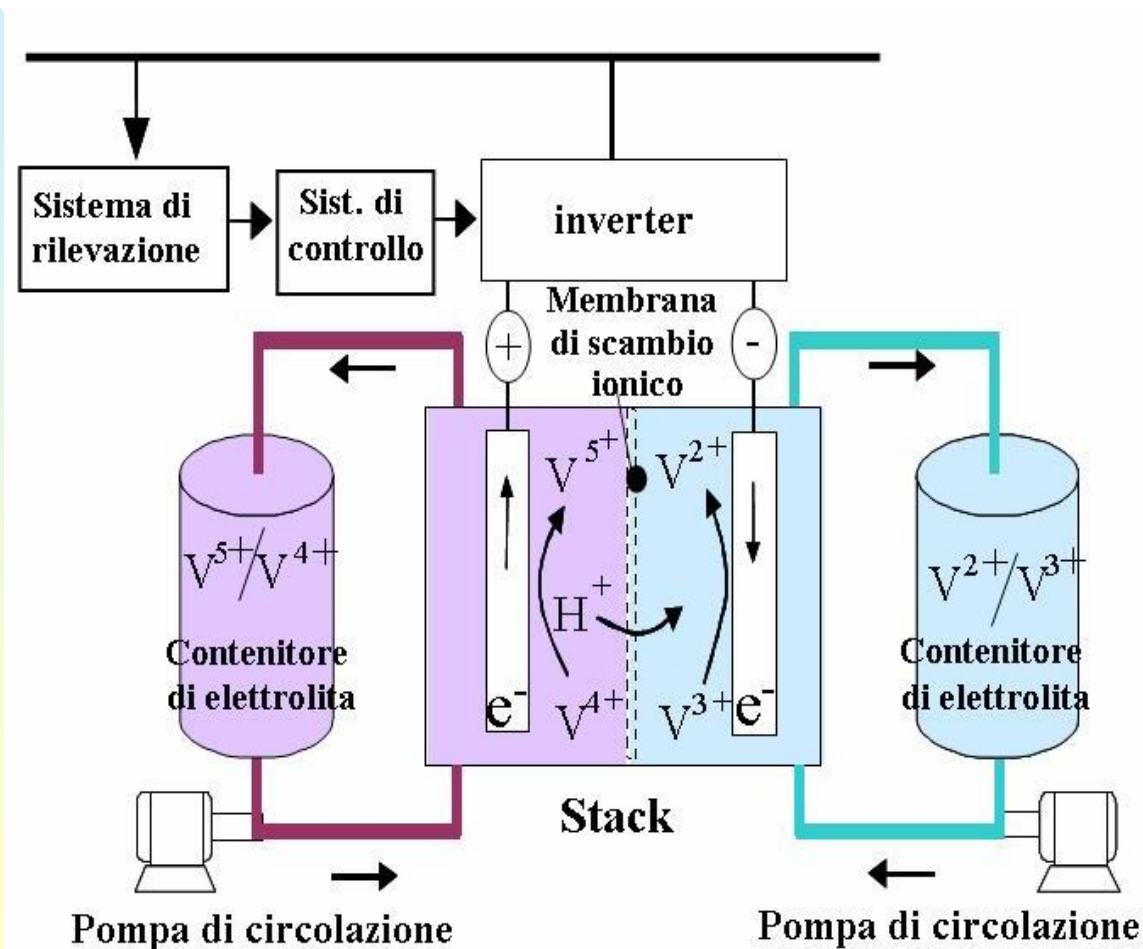


## Accumulatore al nichel - metal idruri

- ✓ Vita attesa di 1200 cicli a DOD 80%, adatte a lavorare in potenza
- ✓ Elevata sicurezza della batteria;
- ✓ Sono utilizzate a bordo delle auto ibride del costruttore Toyota
- ✓ In passato erano utilizzate per l'alimentazione dei telefonini e dell'elettronica portatile, oggi sostituite dalle litio-ioni
- ✓ Si usano come alimentazione di emergenza in condizioni ambientali critiche (range di temperatura  $-50 - 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
- ✓ Hanno un basso rendimento energetico (60-70%)
- ✓ Prezzo elevato rispetto alle batterie al piombo

## Batteria Redox a flusso di elettrolita

Schema di principio: la materia attiva è disciolta in soluzioni elettrolitiche messe in circolazione da pompe, la reazione avviene nello stack



"Fonte: RSE"





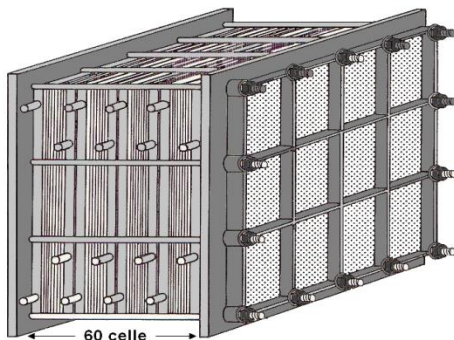
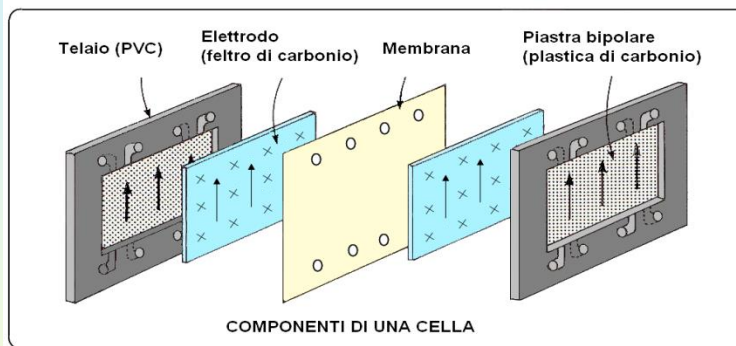
## Batteria Redox a flusso di elettrolita

Molte tipologie a seconda della coppia elettrochimica, la maggior parte a livello solo prototipale

Tipo	Coppia Redox		Elettrolita	OCV [V]	Efficienza energetica [%]
	Positivo	Negativo			
Vanadio	$\text{VO}^{2+}/\text{VO}^{+}$	$\text{V}^{3+}/\text{V}^{2+}$	$\text{H}_2\text{SO}_4$	1,26	70%-85%
Zinco/bromo	$3\text{Br}^{-}/\text{Br}_3^{-}$	$\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}$	$\text{ZnBr}^2$	1.8	75% - 80%
Ferro/cromo	$\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$	$\text{Cr}^{3+}/\text{Cr}^{2+}$	HCl	1.1	66%
PSB (Polysulfphide Bromine)	$3\text{NaBr}^{-}/\text{NaBr}_3$	$\text{Na}_2\text{S}_4/2\text{Na}_2\text{S}_2$	NaCl/KCl	1.59	59%-81%
Vanadio/bromo	$\text{Cl}^{-}/\text{ClBr}_2^{-}$	$\text{VBr}_2/\text{VBr}_3$	HBr HBr/HCl	n.d.	n.d.
Vanadium/Poly halide	$\text{Br}^{-}/\text{ClBr}_2^{-}$	$\text{VCl}_2/\text{VCl}_3$	HCl	1.3	n.d.
Zinco/cerio	$\text{Ce}^{3+}/\text{Ce}^{4+}$	$\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}$	$\text{CH}_3\text{SO}_3\text{H}$	2.43	n.d.
Vanadio aria	$\text{H}_2\text{O}/\text{O}_2$	$\text{V}^{3+}/\text{V}^{2+}$	$\text{H}_2\text{SO}_4$	1.49	73%

## Batteria Redox a flusso di elettrolita

- Sistemi completi di convertitore elettronico, ausiliari, sistemi di gestione e monitoraggio, ecc.
- **Disaccoppiamento totale tra potenza ed energia:** la potenza dipende dalle dimensioni dello stack (e dell'inverter), l'energia dalle dimensioni dei serbatoi.



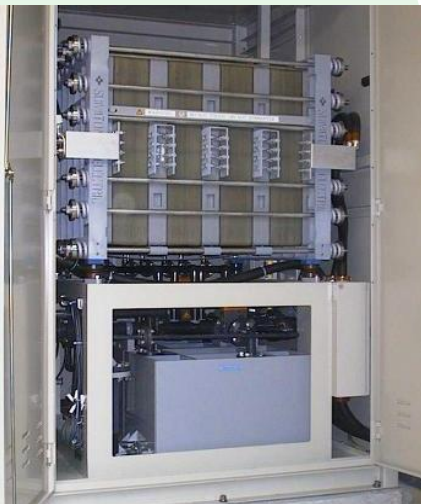
- Adatta ad applicazioni in energia di grande taglia (MWh) e autonomia
- Maggiori oneri di manutenzione per la presenza del circuito idraulico e di organi in movimento.
- Prestazioni fortemente legate alle modalità di gestione

***Stack di una VRB***

"Fonte: RSE"

## Batteria Redox al vanadio (VRB)

- Vita attesa lunghissima (oltre 10000 cicli)
- Il costo per ciclo di lavoro e per sistemi di grossa taglia è contenuto.
- Energia specifica bassa (max 25 Wh/kg). La solubilità ridotta dei sali di vanadio non permette di superare valori teorici di energia specifica superiori ai 65 Wh/kg
- Intervallo di temperatura di funzionamento limitato ( $0 \div 40^{\circ}\text{C}$ ).
- Rendimento amperometrico non unitario



*Sistema VRB per peak shaving da 45 kW – 90 kWh installato in RSE dal 2001*

*Stack da 100 celle elementari (Vn 125 V)  
2 Serbatoi da 4000 l*

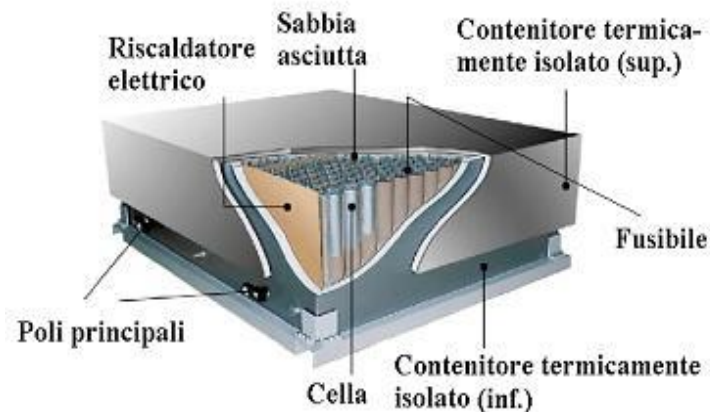
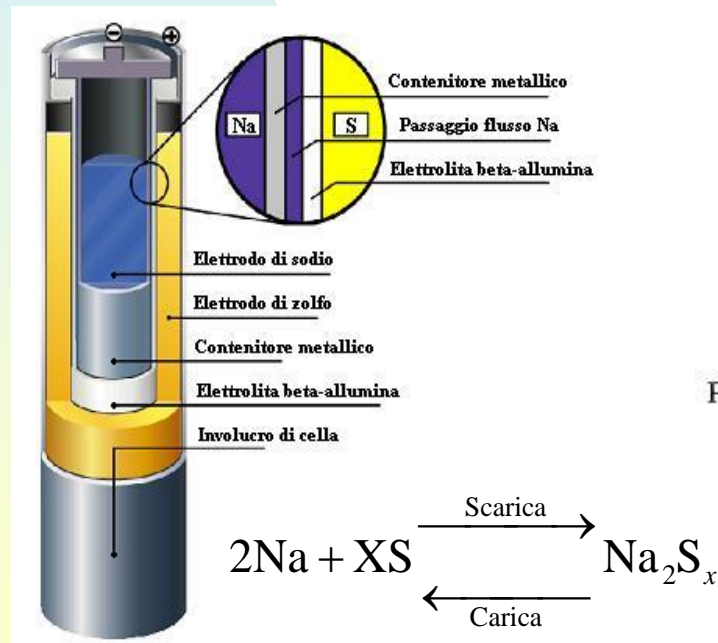


## Batterie ad alta temperatura

- Struttura molto diversa dalle celle tradizionali, gli elettrodi sono allo stato fuso e l'elettrolita è un materiale ceramico ( $\beta''$ -allumina).
- Lavorano a temperatura interna elevata (tra 250 e 350 °C), necessaria per portare gli elettrodi allo stato fuso e aumentare la conducibilità dell'elettrolita.
- Sono moduli che assemblano un certo numero di celle, completi di BMS (Battery Management System) e ausiliari
- I moduli hanno una coibentazione termica molto efficace, le prestazioni sono indipendenti dalla temperatura ambiente
- L'elettrolita ceramico è un componente critico perché in caso di rottura mette in contatto gli elettrodi.
- Due tecnologie: **sodio/zolfo** e **sodio/cloruro di nichel**.

# Batteria al sodio - zolfo

- Prodotta dalla NGK. I moduli base sono da 50 kW – 360 kWh, il sistema minimo è da 1 MW -7,2 MWh (20 moduli)
- Costo specifico ridotto
- Bassa sicurezza intrinseca: in caso di rottura del separatore si sviluppa una reazione molto violenta tra gli elettrodi, rischio di incendio



*Struttura modulo*

## Batteria al sodio - zolfo

La più usata ad oggi per le applicazioni stazionarie a supporto della rete e per l'integrazione con generatori eolici e con impianti fotovoltaici.



*Batteria sodio-zolfo da 34 MW per la stabilizzazione della produzione di un impianto eolico da 51 MW, realizzato nel nord del Giappone.*



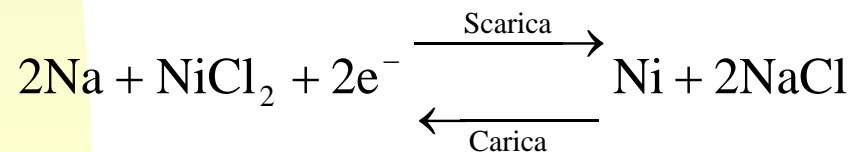
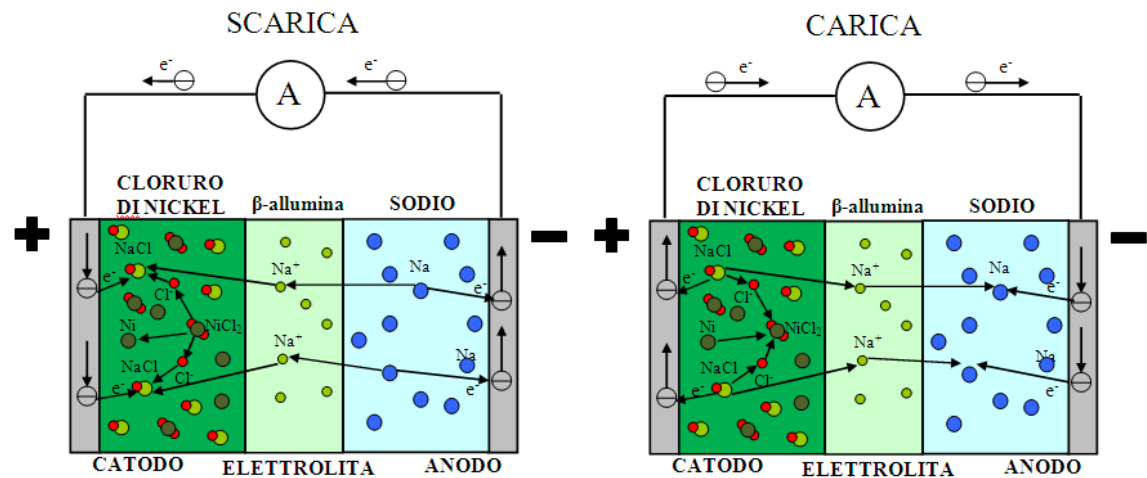
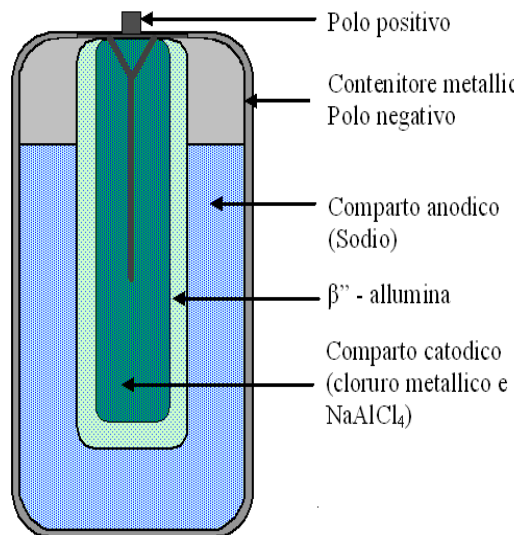
## Batteria al sodio - zolfo

- Accoppiamento del parco eolico con una batteria NaS:
  - uno o più moduli da 1 MW / 7.2 MWh
  - rendimento complessivo 75%
  - costo per modulo + sistemi di controllo 4.5 M€
  - profondità di scarica massima 80%



# Batteria al sodio - cloruro di nichel

- ❖ Deriva dalla sodio/zolfo
- ❖ Ha una maggiore sicurezza intrinseca perché la reazione diretta dei due elettrodi è molto meno violenta e passiva parzialmente il catodo con la formazione di sale





## Batteria sodio - cloruro di nichel



*Moduli da 557 V – 32 Ah per  
uso veicolare*

- In origine destinata alla trazione elettrica (perché più sicura) oggi ha applicazioni nello stazionario ad esempio in applicazioni telecom
- È prodotta in Italia da FIAMM



*Modulo da  
48 V – 80 Ah  
per  
applicazioni  
TLC*



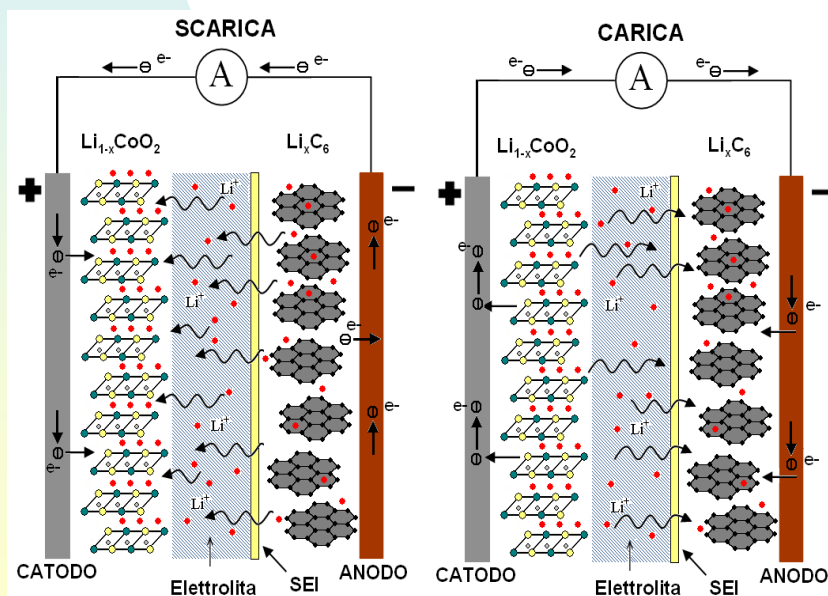
## Batteria sodio - cloruro di nichel





# Accumulatori Litio-ioni

- È la tecnologia più promettente, sono utilizzati per la propulsione dei veicoli elettrici, grazie alla elevata energia specifica, vita attesa, rendimento energetico.
- Esistono molte tipologie, che si differenziano sulla base dei materiali che compongono gli elettrodi e l'elettrolita.



Efficienza energetica:

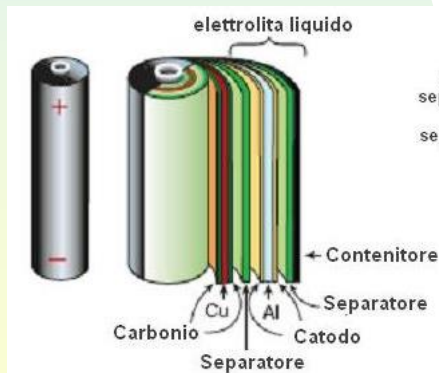
85 ÷ 98 [%]

Vita attesa DOD 80%:

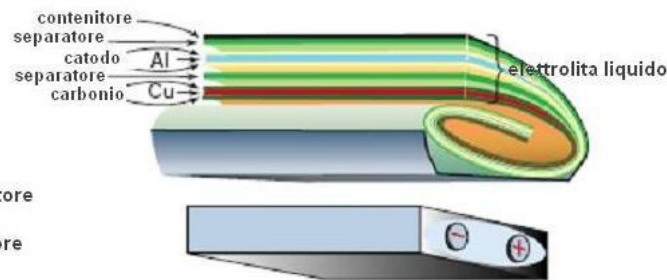
1500 ÷ 5000 [cicli]

## Accumulatori Litio-ioni

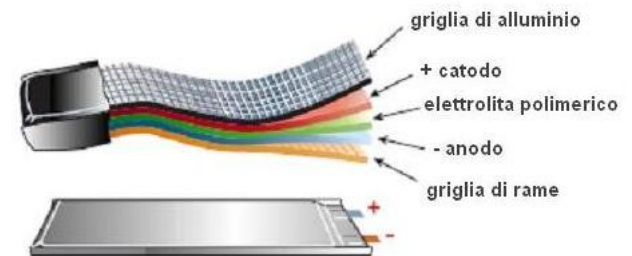
- L'anodo delle celle attuali è costituito generalmente da grafite litiata, il catodo da un ossido litiato di un metallo di transizione (varie tipologie)
- L'elettrolita è di tipo organico, può essere liquido o polimerico.
- Il litio, in forma ionica e intercalato negli elettrodi, è presente in percentuale ridotta (<2%).
- Le celle presentano dimensioni e geometrie molto diverse.



Cella cilindrica  
polimerica



Cella prismatica



Cella



# Accumulatori Litio-ioni

Le diverse tipologie di cella hanno prestazioni differenti in termini energia specifica, potenza specifica, vita, costi e sicurezza.

	<b>NCA</b>	<b>NMC</b>	<b>LMO</b>	<b>LFP</b>	<b>LTO</b>
Tensione nominale (V)	3,7	3,7	3,7	3,3	2,2
Tipo di Catodo	LiNiCoAlO <sub>2</sub>	LiNiCoMnO <sub>2</sub>	LiMn <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	LiFePO <sub>4</sub>	LiMn <sub>2</sub> O <sub>4</sub>
Tipo di Anodo	C	C	C	C	Li <sub>4</sub> Ti <sub>5</sub> O <sub>12</sub>
Potenza [W/kg]	Alta	Buona	Media	Media	Media/ Bassa
Energia [Wh/kg]	Alta	Alta	Buona	Media	Bassa
Vita cicli	Buona	Buona	Media	Media	Alta
Vita calendario	Buona	Buona	Bassa	Bassa per T>30°C	Buona
Livello di sviluppo	Matura	Crescita/ Matura	Matura	Crescita	Crescita
Sicurezza catodo	Bassa	Bassa	Media	Buona	Media
Sicurezza cella	Scadente	Bassa	Bassa	Media	Buona

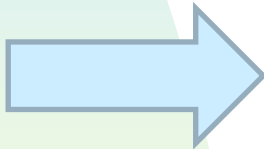


## Accumulatori Litio-ioni

- Le celle litio-ioni possono dare origine a situazioni di pericolo se sottoposte a condizioni di sovraccarico elettrico e/o termico;
- Le celle vengono connesse all'interno di moduli in cui è presente un sistema di bilanciamento delle tensioni di cella e di un BMS.



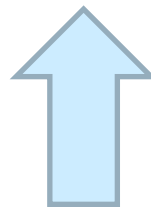
CELLA



MODULO



SISTEMA



BMS





## Accumulatori Litio-ioni

Sono utilizzate in tutti i campi, per l'alimentazione dell'elettronica portatile, per la propulsione dei veicoli elettrici, per applicazioni a supporto del sistema elettrico



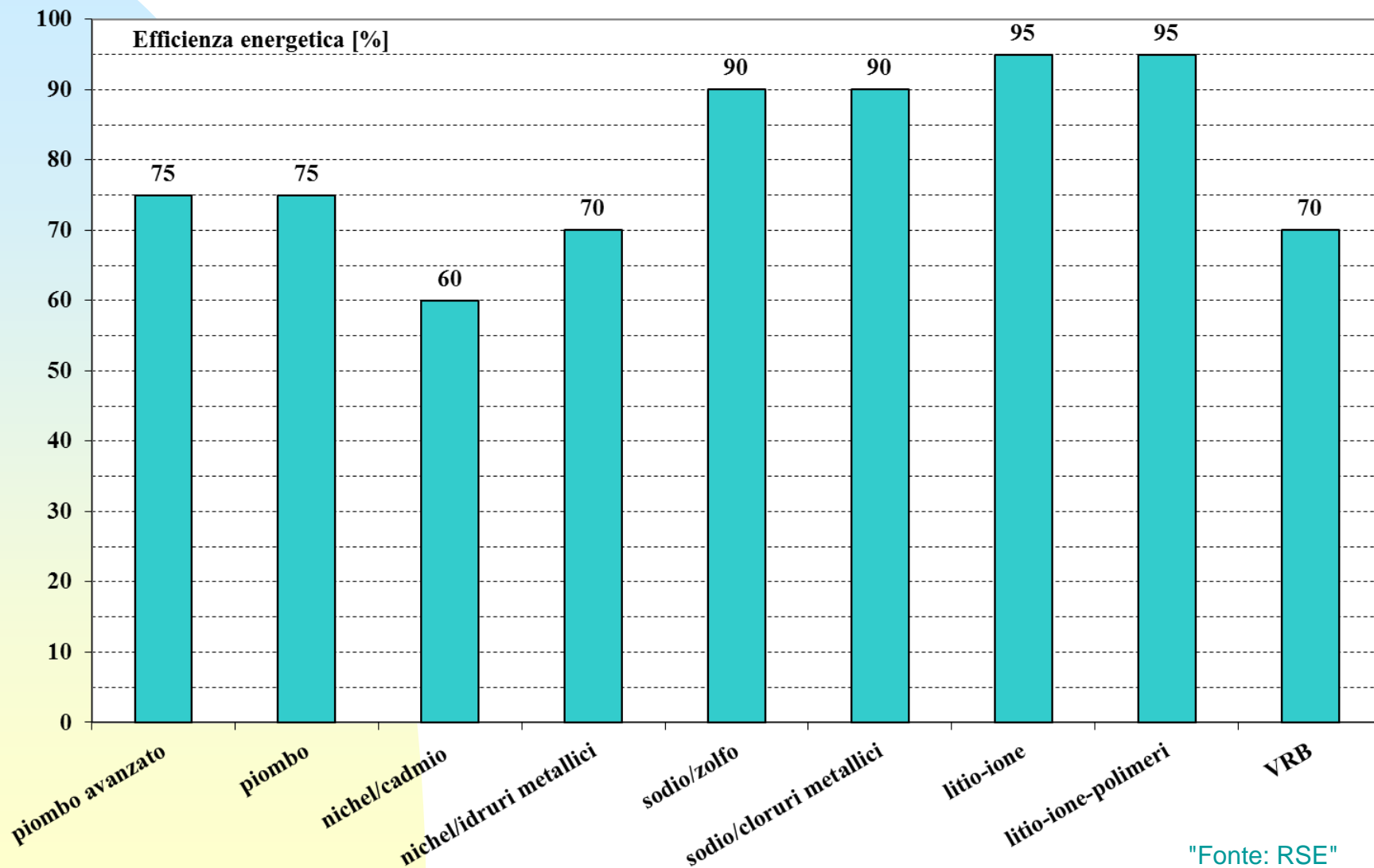
Sistema di accumulo da 16 MW per la regolazione della frequenza realizzato da A123 in Cile

Batterie litio-polimeri per uso veicolare





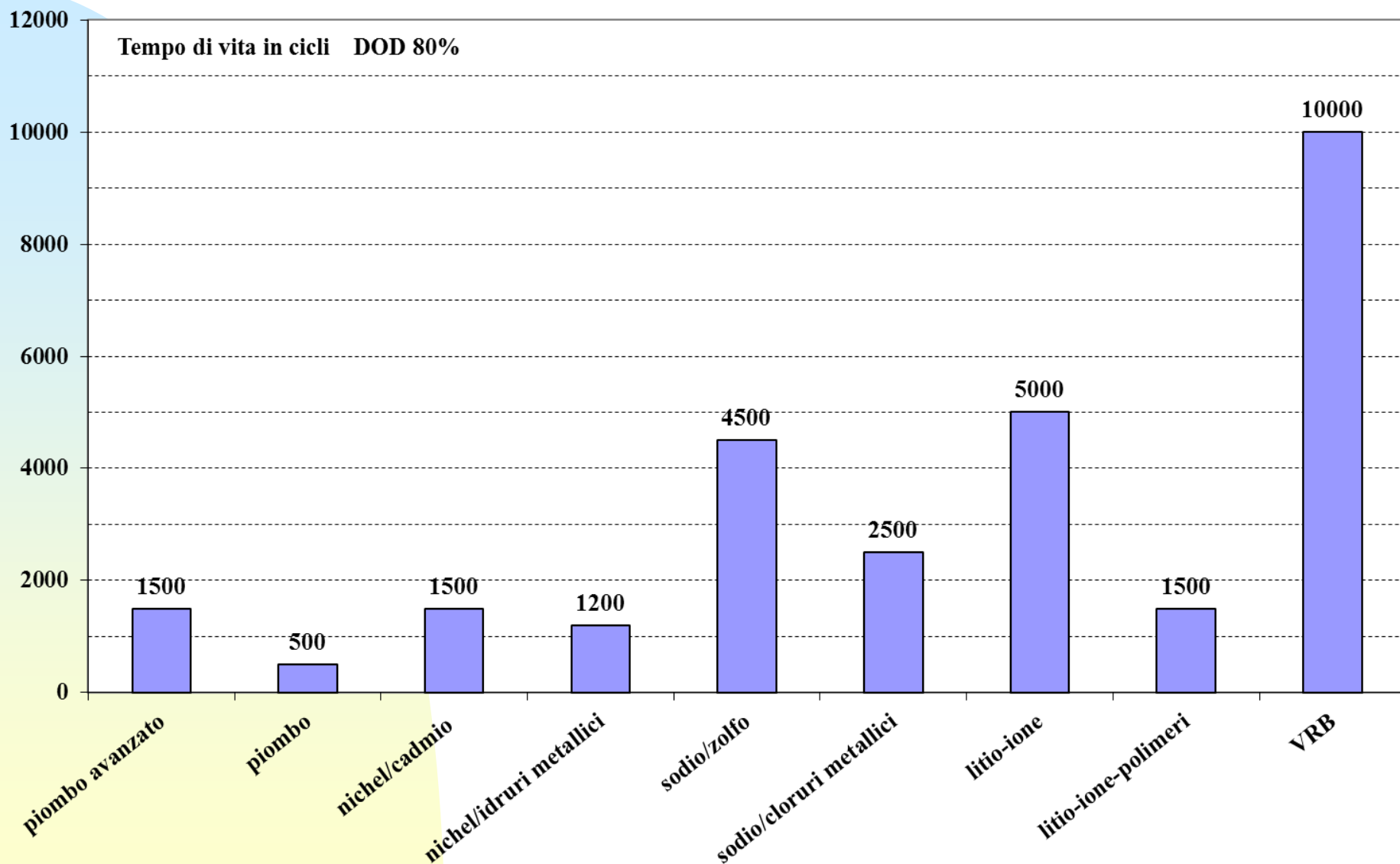
## Confronto: rendimento energetico



"Fonte: RSE"



## Confronto: vita utile





## Gestione delle batterie

- ✓ Le **modalità di scarica** di una batteria possono essere a corrente, potenza, resistenza costante.
- ✓ In tutte le fasi di scarica non si deve mai superare la massima corrente della batteria (che spesso è inferiore a quella di cella) e la temperatura massima.
- ✓ La scarica a fondo (DOD 100%) è portata avanti fino al raggiungimento della tensione minima di lavoro da parte di una cella. È necessaria per misurare la capacità della cella ma **è molto stressante**.
- ✓ Nel funzionamento normale si raccomanda di non superare una DOD dell'80%.
- ✓ Per la batteria al piombo la tensione minima cambia in funzione del regime di scarica.





# Gestione delle batterie

Le **modalità di carica** di una batteria possono essere:

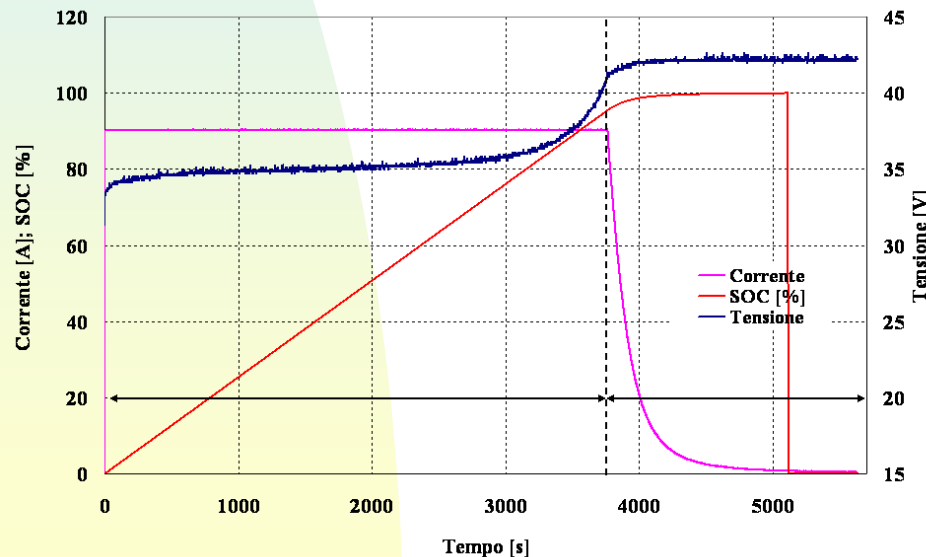
- ▣ a corrente costante;
  - ▣ a potenza costante;
  - ▣ a tensione costante;
  - ▣ a fasi miste.
- 
- ✓ Non si deve superare mai la massima corrente e temperatura della batteria.
  - ✓ Le fasi a potenza e corrente costante sono generalmente permesse fino ad un SOC dell'80%.
  - ✓ Generalmente la corrente massima in carica è molto inferiore a quella in scarica per evitare sovraccariche e stress → problema gestionale per le applicazioni VE o a supporto del sistema elettrico, dove l'accumulo deve lavorare in modo bidirezionale .

Tutte le tecnologie (in particolare quelle con rendimento amperorimetrico < 100%) devono essere periodicamente sottoposte ad una **carica a fondo** per riportare il SOC ad uno stato noto .

# Gestione delle batterie

La carica a fondo prevede:

- Una fase di carica a corrente costante o potenza costante (entro il limite ammesso per la batteria) fino al valore massimo di tensione fornita dal costruttore.
- Una fase di carica a tensione costante (generalmente indicato dal costruttore). La corrente si riduce gradualmente con l'aumentare dello stato di carica della batteria fino ad un valore minimo (SOC 100%).



Carica a fondo di una  
batteria litio-ioni LiFe da  
90 Ah – 36 V

Fase a corrente  
costante pari a 1 C (90  
A) → carica 93% del  
SOC in 63 min



## Gestione delle batterie

Carica in tampone (floating charge).

- ▣ Permette di mantenere la batteria pienamente carica correggendo il fenomeno dell'autoscarica per il tempo in cui rimane in servizio.
- ▣ È a tensione costante pari a 2,27 V/cella per VRLA, 2,23 V/cella per le VLA, il valore deve essere corretto con la temperatura ambiente. Inferiore alla tensione di gassificazione (non consuma acqua).
- ▣ Tipica degli accumulatori al piombo in applicazioni stazionarie (UPS) e TLC. Sono permanentemente in tampone con poche scariche all'anno.

**Non è permessa per gli accumulatori litio-ioni → non possono essere lasciati permanentemente a tensione costante**



## Aspetti di sicurezza: piombo

La **batteria al piombo** aperta VLA emette normalmente idrogeno nella fase finale della carica, al superamento della tensione di gassificazione.

Anche le VRLA occasionalmente possono emettere idrogeno quando non riescono a ricombinarlo completamente con l'ossigeno.

Norme di riferimento per l'installazione:

- CEI EN 50272-1 (stazionario)
- CEI EN 50272-2 (trazione)



## Aspetti di sicurezza: piombo

Requisiti dell'installazione: obbligo di garantire per il locale batterie una ventilazione con portata minima:

$$Q = 0,05 \cdot n \cdot I_{\text{gas}} \cdot C_{10} / 100 \text{ [m}^3/\text{h]}$$

dove:

- $I_{\text{gas}}$  è la corrente che produce idrogeno, dipende dalla tipologia di accumulatore e dalla modalità di carica cui è sottoposto.
- $n$  è il numero di elementi che costituiscono la batteria.
- $C_{10}$  è la capacità nominale al regime delle 10 h, espressa in Ah.

Preferibile ventilazione naturale (apertura con area libera minima  $A = 28 \cdot Q \cdot \text{cm}^2$ ) o ventilatore con flussostato di sicurezza/relè amperometrico

Divieto di fumo e uso di fiamme nelle vicinanze !!!





## Aspetti di sicurezza: litio-ioni

Le celle litio-ioni contengono solventi organici presenti all'interno dell'elettrolita sono infiammabili, corrosivi e irritanti

Il litio è in forma di ossido misto con metalli di transizione, molto meno reattivo del litio metallico

In condizioni di abuso elettrico o termico (in particolare sovraccarica e sovratemperatura) si può generare:

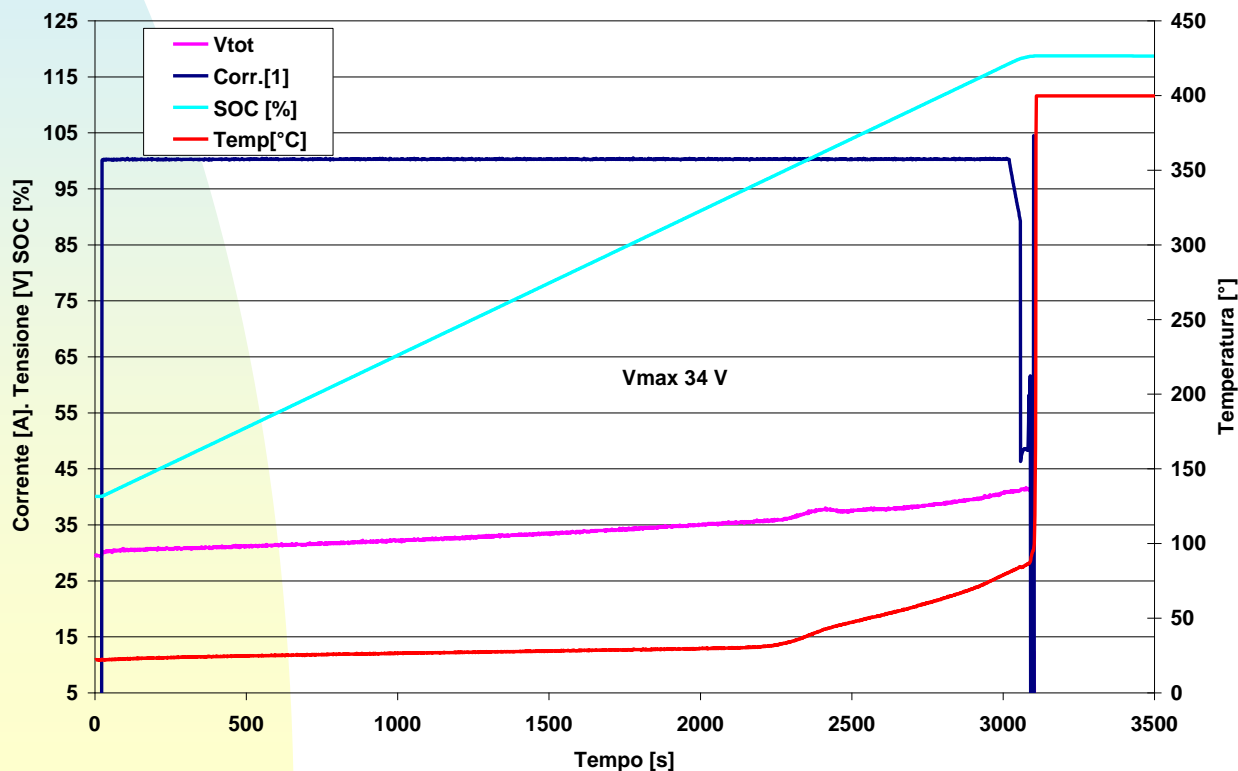
- deposizione di litio metallico all'anodo → aumenta il rischio di incendio
- accumulo di gas infiammabili prodotti da reazioni parassite che possono causare lo scoppio della cella





## Aspetti di sicurezza: litio-ioni

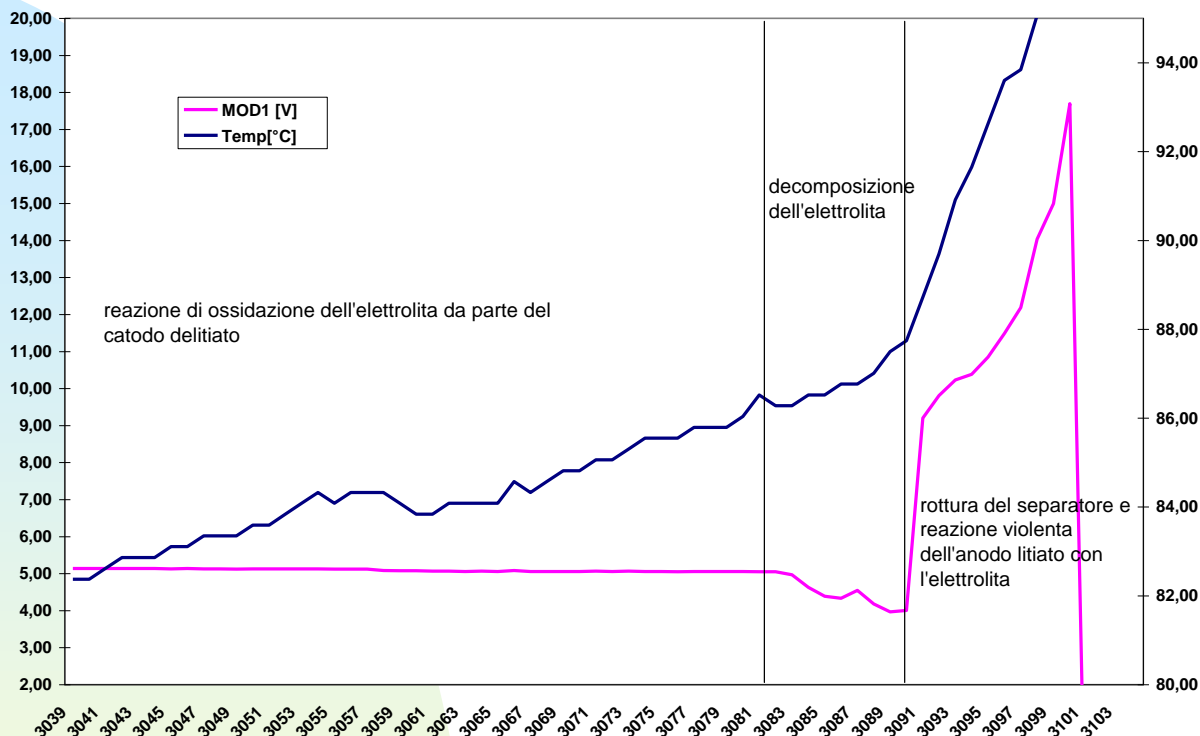
**Prova di sovraccarica** su una batteria litio-polimeri, 8 celle, 34 V – 100 Ah.  
Il BMS è stato scollegato per permettere l'esecuzione della prova.  
La batteria è stata caricata a 1C fino a 42 V, SOC 118%, determinando l'innesco della fuga termica.



"Fonte: RSE"



## Aspetti di sicurezza: litio-ioni



Tensione e temperatura della prima cella andata in fuga termica

Batteria litio-ioni prima e dopo la prova con il BMS scollegato intenzionalmente. Meglio non imitare 😊



"Fonte: RSE"



# Aspetti di sicurezza: litio-ioni

## *Misure di sicurezza*

### Accorgimenti costruttivi

- Deposizione uniforme della materia attiva sugli elettrodi (celle di buona qualità)
- Valvole di sfiato per evitare l'accumulo di gas (non presenti nelle celle testate)
- Impaccamento corretto per evitare punti caldi

### Soluzioni di tipo elettronico:

- un sistema di bilanciamento delle tensioni di cella (obbligatorio)
- BMS con teleruttore per lo sgancio della batteria in caso di abuso (molto consigliato)
- Sistema di controllo della temperatura (consigliato per il veicolare)

"Fonte: RSE"

## Prove di caratterizzazione di base



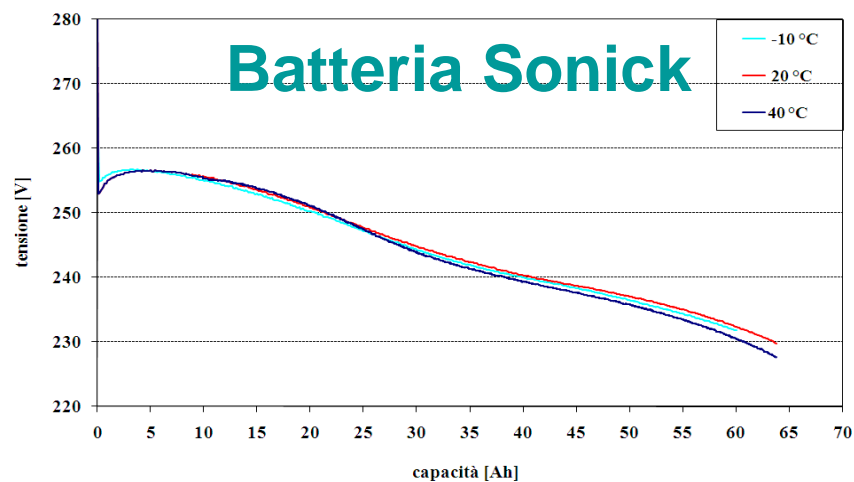
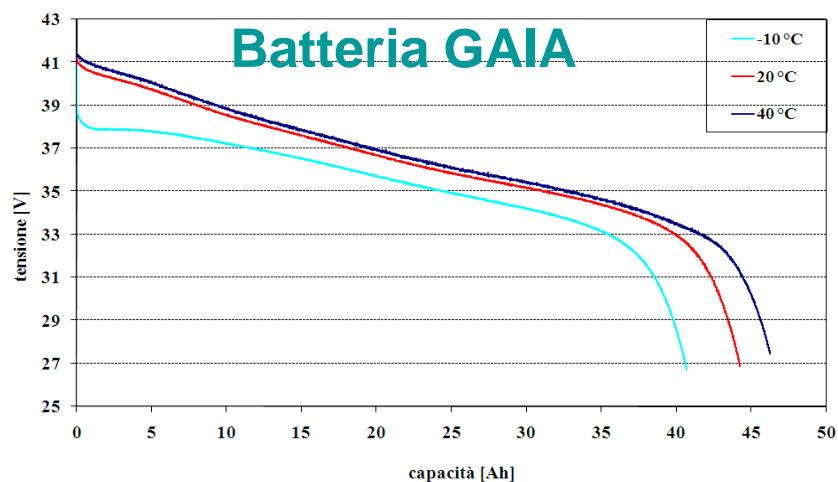
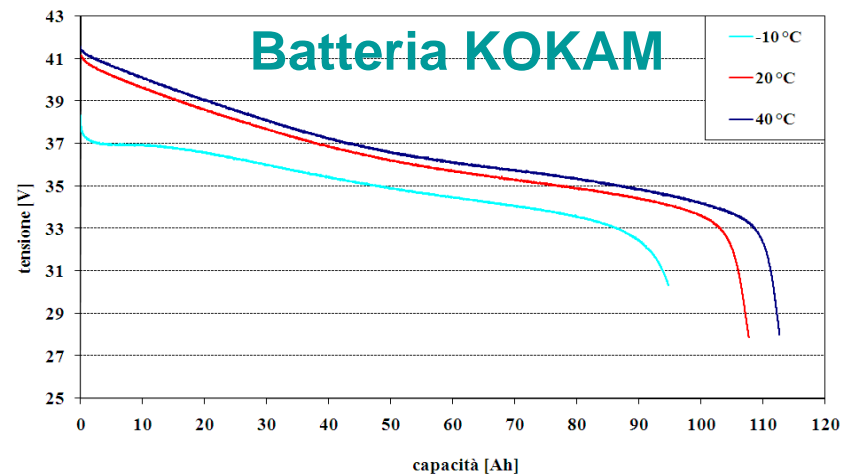
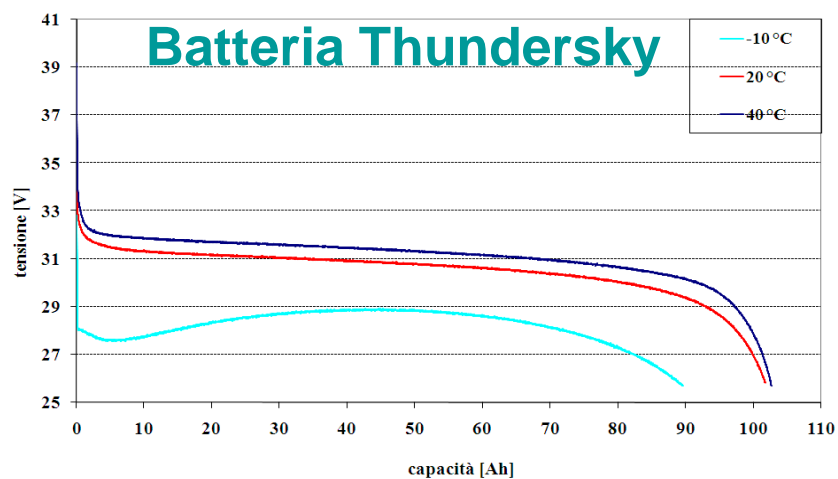
### Batterie in prova

- Una batteria litio-ioni con elettrolita polimerico da 36 V – 100 Ah (Kokam)
- Una batteria litio-ioni LFP da 36 V – 90 Ah (Thundersky)
- Una batteria litio-ioni NCA da 36 V – 45 Ah (GAIA)
- Una batteria  $\text{NaNiCl}_2$  da 268 V – 64 Ah (Sonick)

Le prove sono state condotte su batterie nuove, al variare delle condizioni operative e in condizioni di temperatura controllata (in camera climatica)



# Prove di scarica a corrente costante a diverse temperature





## Prove di scarica a corrente costante a diverse temperature

Costruttore	T [°C]	Energia scaric. [kWh]	Rendim. energ. [%]
Thundersky	-10	2,5	80,6
Kokam	-10	3,3	91,0
GAIA	-10	1,4	92,7
Sonick	-10	14,5	80,3
Thundersky	20	3,1	87,3
Kokam	20	3,9	95,7
GAIA	20	1,6	96,0
Sonick	20	14,3	80,0
Thundersky	40	3,2	89,1
Kokam	40	4,1	96,1
GAIA	40	1,7	97,1
Sonick	40	14,2	80,2

La **batteria sodio/cloruro di nichel** risulta insensibile alla temperatura ambiente

Le **batterie al litio** risentono della temperatura ambiente:

- I parametri caratteristici subiscono una riduzione in funzione della sua diminuzione
- Il rendimento energetico è molto elevato (valore massimo 97% per la GAIA)





## Prove di scarica a corrente costante a diversi regimi

Costruttore	I[A]	Capacità scaricata [Ah]	Energia scaric. [kWh]	Rendim. energ. [%]
Thundersky	0,2C	106,5	3,4	88,4
Thundersky	1C	101,8	3,1	87,3
Thundersky	2C	97,1	2,8	83,1
Kokam	0,2C	109,2	4,0	96,8
Kokam	1C	107,7	3,9	95,7
Kokam	2C	104,4	3,8	93,2
GAIA	0,2C	46,8	1,7	98,6
GAIA	1C	44,2	1,6	96,0
GAIA	2C	43,6	1,55	95,9
Sonick	0,2C	62,6	16,4	91,5
Sonick	1C	62,5	14,3	80,0
Sonick	2C	51,7	10,6	73,0

Riduzione dei parametri con l'aumento della corrente, in particolare per la Sonick (resistenza interna più alta)

"Fonte: RSE"



## Batterie per veicoli elettrici al 100 %

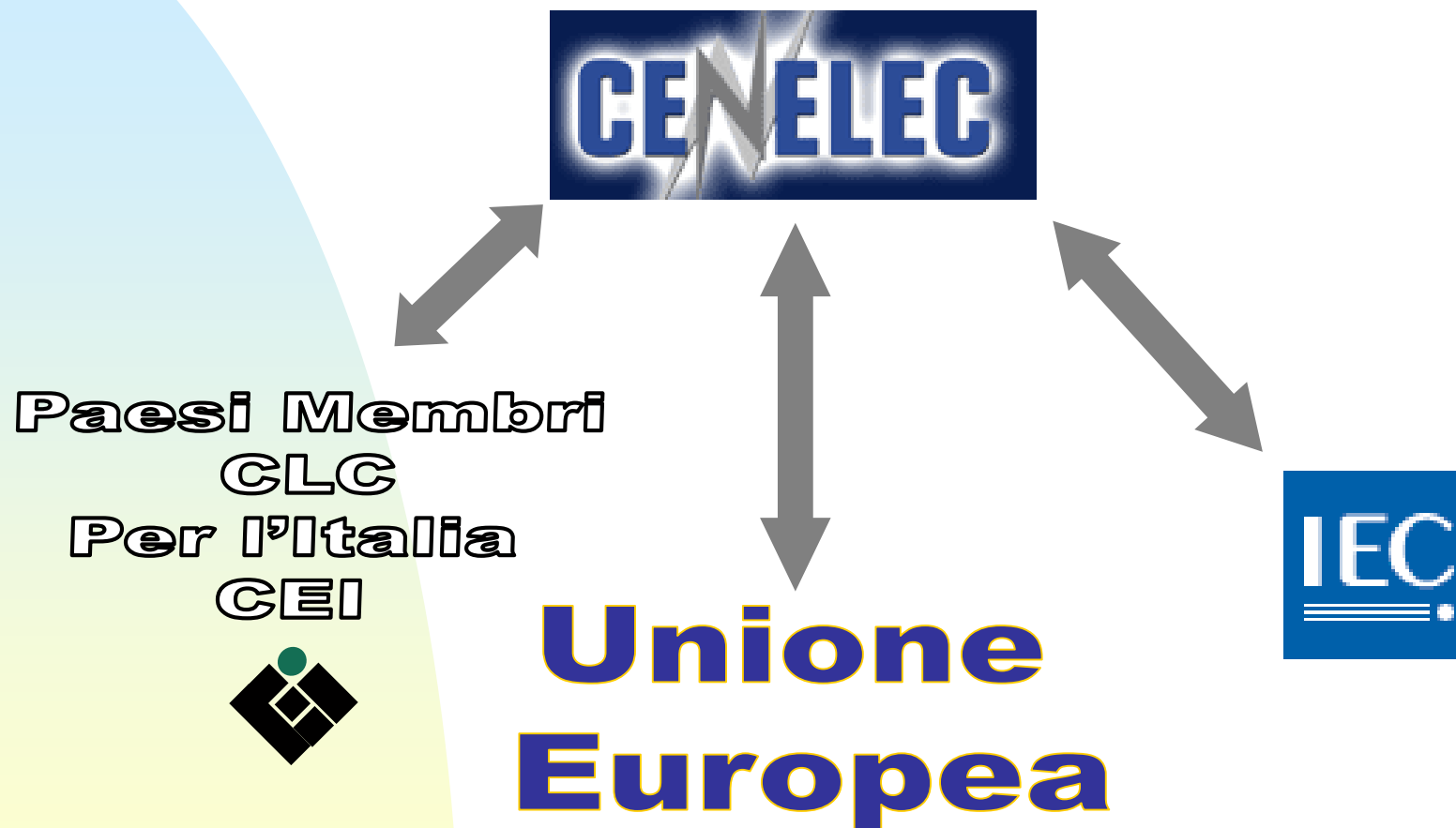
Criteri del  
consorzio  
USABC per i  
veicoli elettrici:

Parametro	Obiettivi minimi
Densità di potenza [W/l]	600
Picco di potenza specifica in scarica all'80% DOD (depth of discharge), per 30 s [W/kg]	400
Densità di energia (tasso di scarica C/3) [Wh/l]	300
Energia specifica (tasso di scarica C/3) [Wh/kg]	200
Rapporto tra potenza specifica ed energia specifica	2:1
<b>Dimensione del pacco batteria [kWh]</b>	<b>40</b>
<b>Cicli di vita (DOD = 80%) [num.]</b>	<b>10000</b>
Tempo di vita [anni]	10
<b>Costo specifico (con una produzione di 25000 unità l'anno da 40 kWh) [\$/kWh]</b>	<b>100</b>
Temperatura di lavoro [°C]	da -40 a +85
Tempo di ricarica normale [ore]	da 3 a 6 ore
<b>Tempo di ricarica rapido</b>	<b>15 minuti fino all'80% del SOC (state of charge)</b>



## Relazione tra organismi di normazione e soggetti istituzionali

### CENELEC E UNIONE EUROPEA





# Attività CEI a livello nazionale nel settore veicoli elettrici

Novembre 2009

**costituito il Comitato Tecnico 312 del CEI**

“Componenti elettrici ed elettronici per  
veicoli elettrici e/o ibridi per la trazione  
elettrica stradale”



## **Attività CEI a livello nazionale nel settore veicoli elettrici**

Scopo del Comitato Tecnico CT 312 è affrontare in maniera strutturata la tematica relativa al veicolo elettrico ed ibrido a 2, 3 e 4 ruote.

Il CT 312 dal 2010 costituisce l'interfaccia nazionale per l'analoga attività avviata a livello CENELEC e IEC.



# Norma CEI EN 61851-1

## Norma CEI EN 61851-1

### Sistemi di ricarica conduttiva dei veicoli elettrici

### Parte 1: Prescrizioni generali

#### N O R M A I T A L I A N A C E I

*Norma Italiana*

### **CEI EN 61851-1**

La seguente Norma è identica a: EN 61851-1:2011-08.

*Data Pubblicazione*

**2012-05**

*Titolo*

### **Sistema di ricarica conduttiva dei veicoli elettrici Parte 1: Prescrizioni generali**

*Title*

### **Electric vehicle conductive charging system Part 1: General requirements**

*Sommario*

La presente Norma si applica alle apparecchiature per la ricarica di veicoli elettrici stradali, a bordo e fuori-bordo, alle tensioni di alimentazione normalizzate in c.a. (come da IEC 60038) fino a 1 000 V, e a tensioni in c.c. fino a 1 500 V, nonché alla fornitura di energia elettrica per tutti i servizi supplementari sul veicolo, se richiesta, durante il collegamento alla rete di alimentazione.

Gli aspetti considerati comprendono le caratteristiche e le condizioni di funzionamento del dispositivo di alimentazione e del collegamento al veicolo, la sicurezza elettrica degli operatori e dei terzi e le caratteristiche che il veicolo deve rispettare in relazione al suo equipaggiamento (EVSE) in c.a./c.c., solo quando il VE è collegato a terra.

Le principali modifiche rispetto alla prima edizione della Norma sono:

- revisione delle definizioni di connettore e dei livelli di corrente (Articolo 8);
- modifica della definizione di circuito pilota per la funzione pilota;
- divisione dell'Articolo 9 per creare i seguenti Articoli 9 e 11;
- Articolo 9: prescrizioni specifiche per connettore fisso, la spina e la presa fissa;
- Articolo 11: prescrizioni EVSE: prescrizioni specifiche generali per stazioni di ricarica;
- rinumerazione degli allegati; - cancellazione del precedente Allegato A ed integrazione delle prescrizioni del cavo di ricarica nel nuovo Articolo 10;
- l'Allegato B diventa l'Allegato A ed è normativo per tutti i sistemi che utilizzano una funzione pilota PWM con un circuito pilota; l'Allegato C diventa l'Allegato B;
- sostituzione del precedente Allegato D (tabelle di codifica per l'indicatore di potenza) con B.4 nell'Allegato B utilizzando nuovi valori;
- nuovo Allegato C informativo, che descrive un sistema alternativo di funzione pilota.

La presente Norma supera la CEI EN 61851-1:2003-01 che rimane applicabile fino al 01-04-2014 e ne costituisce una revisione tecnica.

La presente Norma riporta il testo in Inglese e italiano della EN 61851-1; rispetto al precedente fascicolo n. 11656E di dicembre 2011, essa contiene la traduzione completa della EN sopra indicata.







# Norma CEI EN 61851-1

## □ Campo di applicazione

- La presente Norma si applica alle apparecchiature per la ricarica di veicoli elettrici stradali, a bordo e fuori-bordo, alle tensioni di alimentazione normalizzate in corrente alternata fino a 1000 V, e a tensioni in corrente continua fino a 1500 V, nonché alla fornitura di energia elettrica per tutti i servizi supplementari sul veicolo, se richiesta, durante il collegamento alla rete di alimentazione
- I veicoli elettrici stradali (EV) comprendono tutti i veicoli stradali, inclusi i veicoli stradali ibridi a spina (PHEV) che attingono tutta o parte della loro energia da batterie a bordo
- Gli aspetti considerati comprendono le caratteristiche e le condizioni di funzionamento del dispositivo di alimentazione e del collegamento al veicolo, la sicurezza elettrica degli operatori e dei terzi e le caratteristiche che il veicolo deve rispettare in relazione al suo equipaggiamento (EVSE) in c.a./c.c., solo quando l'EV è collegato a terra



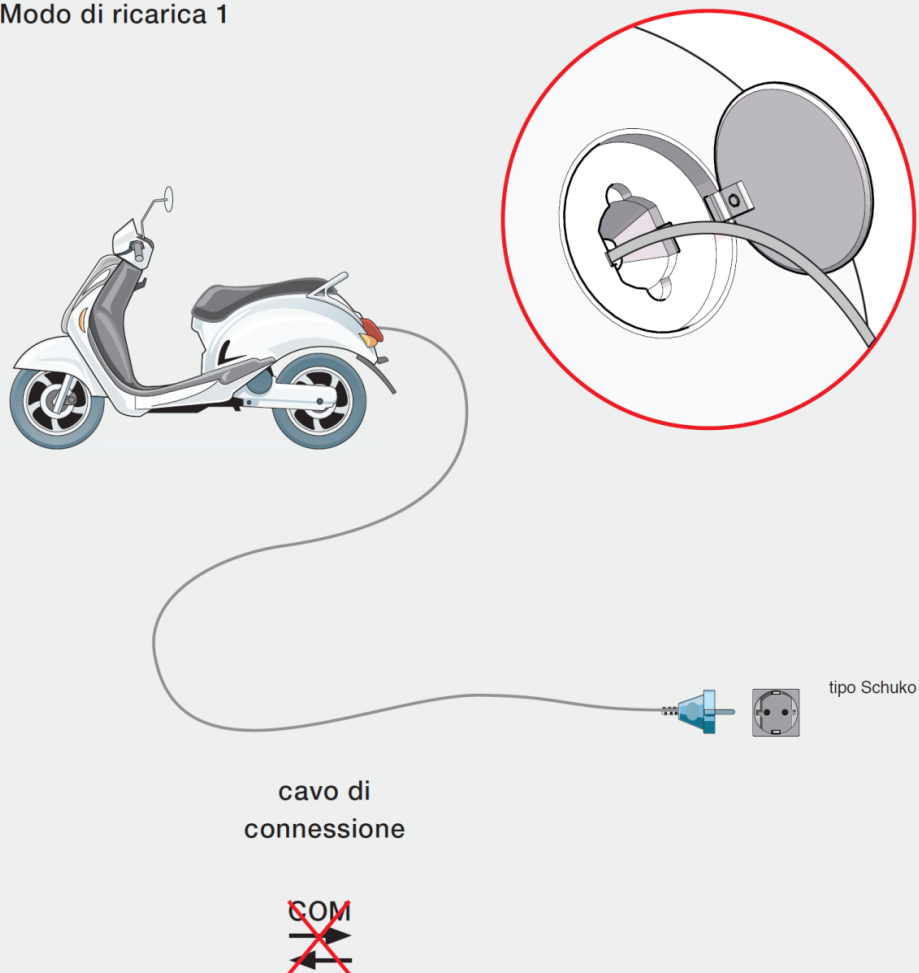
## Prescrizioni per il punto di connessione

- ❑ Ogni presa destinata alla carica di un veicolo elettrico deve essere utilizzata alla sua corrente nominale (fattore di utilizzazione uguale a uno)
- ❑ Il circuito destinato alla carica dei veicoli elettrici deve essere dedicato, non può cioè alimentare altri tipi di carichi
- ❑ Nel caso di più prese è probabile che siano utilizzate contemporaneamente, quindi anche il fattore di contemporaneità è uguale a uno
- ❑ Ogni punto di connessione alla rete deve essere **SINGOLARMENTE** protetto da un dispositivo contro le sovracorrenti e da un proprio interruttore differenziale da 30 mA, tipo A se monofase e tipo B se trifase



# Modi di ricarica di un EV

Modo di ricarica 1



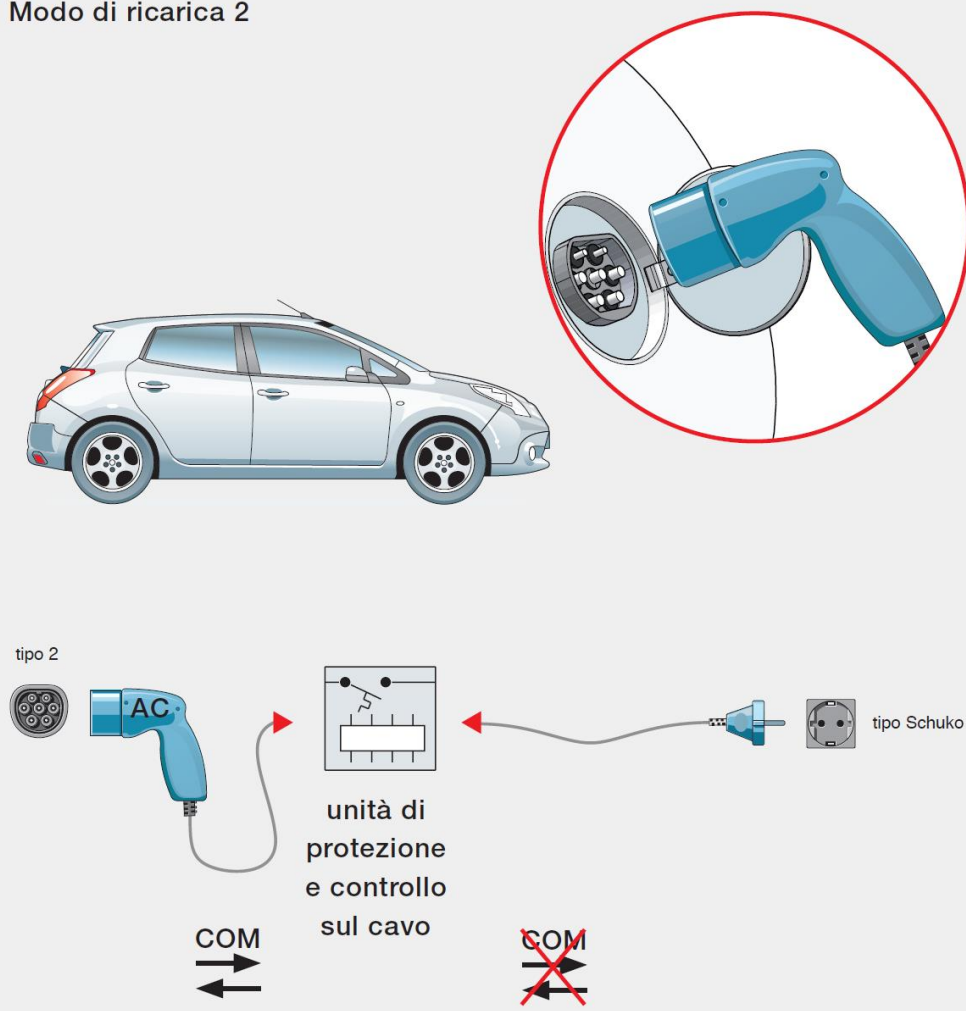
## Modo di ricarica 1:

connessione dell'EV alla rete di alimentazione in c.a. utilizzando gruppi presa -spina normalizzati fino a 16 A e a 230 V in c.a. monofase o 400 V in c.a. trifase sul lato dell'alimentazione e utilizzando conduttori di potenza e di terra di protezione; non sono previsti sistemi di protezione specifici, né di dialogo fra il veicolo elettrico e la struttura fissa (è necessario che la presa sia protetta a monte da un interruttore differenziale almeno di tipo A, avente corrente differenziale nominale di 30 mA).

E' il modo utilizzato per le ricariche lente, per lo più di scooter e minivetture. Permessso solo in ambiente privato

# Modi di ricarica di un EV

Modo di ricarica 2



## Modo di ricarica 2:

connessione dell'EV alla rete di alimentazione fino a 32 A e **230 V in c.a. monofase o 400 V in c.a. trifase** mediante gruppi presa-spina monofase o trifase normalizzati, e utilizzando conduttori di fase e di protezione insieme con una funzione pilota e un sistema di protezione delle persone contro la scossa elettrica tra l'EV e la spina o il dispositivo di controllo sul cavo;

- Il dispositivo di controllo sul cavo deve essere posto entro 0,3 m dalla spina o dall'EVSE (equipaggiamento di alimentazione dell'EV) oppure nella spina.

## Modi di ricarica di un EV

Modo di ricarica 3



- **Modo di ricarica 3:**  
la carica del veicolo elettrico avviene in c.a. (tensione di rete 230/400 V) tramite apparecchiature dedicate ubicate a terra e sul veicolo, che permettono la comunicazione tra la rete e il veicolo per il suo controllo. Include anche i necessari sistemi di protezione (interruttore differenziale e magnetotermico) e un eventuale contatore di energia.

# Modi di ricarica di un EV

Modo di ricarica 4



## □ Modo di ricarica 4:

il circuito caricabatteria è posto a terra nella stazione di ricarica. La vettura, quindi, è caricata in corrente continua all'effettiva tensione di ricarica degli accumulatori. La tensione è regolata dal sistema di controllo della ricarica posto sulla vettura, che è in grado di comandare in remoto il caricabatterie posto a terra, tramite idoneo protocollo di comunicazione. La modalità ad elevata potenza garantisce di completare la ricarica del veicolo elettrico in poche decine di minuti





# Norma CEI EN 62196-1

## Norma CEI EN 62196-1

Spine, prese fisse,  
connettori mobili e fissi  
per veicoli – Carica  
conduttiva dei veicoli  
elettrici

## Parte 1: Requisiti generali

### N O R M A I T A L I A N A C E I

*Norma Italiana*

#### **CEI EN 62196-1**

La seguente Norma è identica a: EN 62196-1:2012-05.

*Data Pubblicazione*

**2013-02**

*Titolo*

**Spine, prese fisse, connettori mobili e fissi per veicoli - Carica conduttiva dei veicoli elettrici**

**Parte 1: Requisiti generali**

*Title*

Plugs, socket-outlets, vehicle connectors and vehicle inlets - Conductive charging of electric vehicles

Part 1: General requirements

*Sommario*

La presente Norma si applica a spine, prese fisse, connettori e cavi assemblati per veicoli elettrici (EV) e destinati ad essere usati in sistemi per la carica conduttiva che incorporano mezzi di controllo. Tali apparecchi devono avere tensione nominale non superiore a:

- 690 V c.a., frequenza 50 - 60 Hz e corrente nominale non superiore a 250 A;

- 1 500 V c.c. e corrente nominale non superiore a 400 A.

La Norma in oggetto sostituisce completamente la Norma CEI EN 62196-1:2005-11, che rimane applicabile fino al 01-02-2015.

La presente Norma soddisfa i requisiti essenziali della Direttiva 2006/95/EC.

Questa Norma viene pubblicata dal CEI in una prima fase nella sola lingua inglese, per consentire l'immediato utilizzo da parte degli utenti interessati, nel rispetto della data di pubblicazione fissata dagli Enti Normatori internazionali.

Successivamente il CEI pubblicherà, in un nuovo fascicolo, la stessa Norma in versione italiano-inglese; tale nuova versione avrà la stessa validità della presente.

La presente Norma recepisce il testo originale inglese della Pubblicazione IEC.



© CEI COMITATO ELETTROTECNICO ITALIANO - Milano 2013. Riproduzione vietata

Tutti i diritti sono riservati. Nessuna parte del presente Documento può essere riprodotta, messa in rete o diffusa con un mezzo qualsiasi senza il consenso scritto del CEI. Concessione per utente singolo. Le Norme CEI sono revisionate, quando necessario, con la pubblicazione sia di nuove edizioni sia di varianti. È importante pertanto che gli utenti delle stesse si accertino di essere in possesso dell'ultima edizione e variante.



# Norma CEI EN 62196-2

## Norma CEI EN 62196-2

Spine, prese fisse,  
connettori mobili e fissi  
per veicoli – Carica  
conduttiva dei veicoli  
elettrici

Parte 2: Compatibilità  
dimensionale e requisiti di  
intercambiabilità di  
attacchi a spina e alveoli  
per corrente alternata

### N O R M A I T A L I A N A C E I

*Norma Italiana*

#### **CEI EN 62196-2**

La seguente Norma è identica a: EN 62196-2:2012-05.

*Data Pubblicazione*

**2013-02**

*Titolo*

**Spine, prese fisse, connettori mobili e fissi per veicoli - Carica conduttiva dei veicoli elettrici  
Parte 2: Compatibilità dimensionale e requisiti di intercambiabilità di attacchi a spina e alveoli per corrente alternata**

*Titolo*

Plugs, socket-outlets, vehicle connectors and vehicle inlets - Conductive charging of electric vehicles  
Part 2: Dimensional compatibility and interchangeability requirements for a.c. pin and contact-tube accessories

*Sommario*

La presente Norma si applica a spine, prese fisse, connettori per veicoli, con attacchi a spina e alveoli, con configurazioni standardizzate e destinati alla carica conduttiva dei veicoli elettrici. Tali apparecchi devono avere tensione nominale non superiore a 500 V c.c., frequenza da 50 Hz a 60 Hz e corrente nominale non superiore a 63 A (per componenti trifase) e 70 A (per componenti monofase). La Norma si applica agli apparecchi di interfaccia di base per l'alimentazione dei veicoli specificati nella Norma CEI EN 62196-1:2013-02 e utilizzati in sistemi di carica conduttiva per i circuiti specificati nella Norma CEI EN 61851-1; essa deve essere applicata in modo congiunto con la Norma CEI EN 62196-1. La presente Norma soddisfa i requisiti essenziali della Direttiva 2006/95/EC.

Questa Norma viene pubblicata dal CEI in una prima fase nella sola lingua inglese, per consentirne l'immediato utilizzo da parte degli utenti interessati, nel rispetto della data di pubblicazione fissata dagli Enti Normatori internazionali.

Successivamente il CEI pubblicherà, in un nuovo fascicolo, la stessa Norma in versione italiano-inglese; tale nuova versione avrà la stessa validità della presente.



© CEI COMITATO ELETTROTECNICO ITALIANO - Milano 2013. Riproduzione vietata

Tutti i diritti sono riservati. Nessuna parte del presente Documento può essere riprodotta, messa in rete o diffusa con un mezzo qualsiasi senza il consenso scritto del CEI. Concessione per utente singolo. Le Norme CEI sono revisionate, quando necessario, con la pubblicazione sia di nuove edizioni sia di varianti. È importante pertanto che gli utenti delle stesse si accertino di essere in possesso dell'ultima edizione o variante.

## Connettori per il modo 3 di ricarica, fino a fine 2012 (IEC 62196-2)



Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	
		A	C
<ul style="list-style-type: none"> <li>Promossa da Yazaki, SAE</li> <li>Monofase 32A 250Vac</li> <li>2 contatti pilota</li> <li>IPXXB</li> <li>Connettore <b>solo</b> per lato veicolo</li> <li>In fase di sperimentazione estensione alla ricarica DC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Promossa da Mennekes, ACEA, VDE, principali Distributori</li> <li>Monofase 70 A, 250Vac</li> <li>Trifase 63 A, 480Vac</li> <li>2 contatti pilota</li> <li>IPXXB o IPXXD</li> <li><b>Prevedono sistema di ritenuta della spina nella presa (obbligatorio)</b></li> <li>In fase di sperimentazione estensione alla ricarica DC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Promossa da Scame (equivalente a CEI 69-6)</li> <li>Monofase 16 A, 250Vac</li> <li>1 contatto pilota</li> <li>IPXXD sulla presa</li> <li>Prevedono sistema di ritenuta opzionale della spina nella presa</li> <li>Particolarmente indicata per scooter, vettuette</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Promossa da EV Plug Alliance (Scame, Schneider Electric, Legrand,...)</li> <li>Monofase 32A, 250Vac</li> <li>Trifase 32 A, 480Vac</li> <li>2 contatti pilota</li> <li>IPXXD su presa e spina</li> <li>Prevedono sistema di ritenuta della spina nella presa</li> </ul>
			

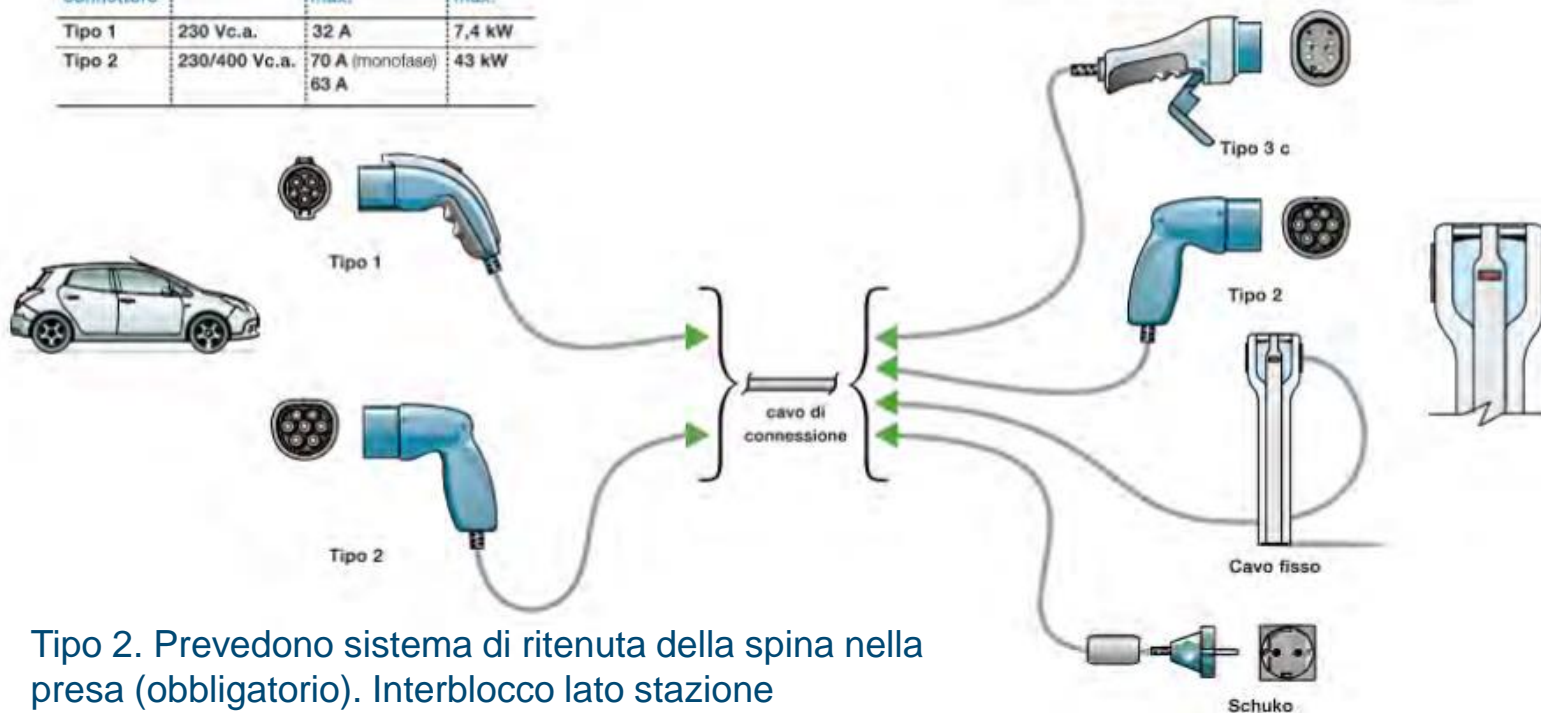
## Connettore per ricarica in AC



## Connettori per il modo 2 e 3 di ricarica, fino a fine 2012 (IEC 62196-2)

Lato veicolo			
Tipo connettore	Tensione	Corrente max.	Potenza max.
Tipo 1	230 Vc.a.	32 A	7,4 kW
Tipo 2	230/400 Vc.a.	70 A (monofase) 63 A	43 kW

Lato stazione di ricarica			
Tipo connettore	Tensione	Corrente max.	Potenza max.
Tipo 2	230/400 Vc.a.	32 A	22 kW
Tipo 3c	230/400 Vc.a.	32 A	22 kW
Cavo fisso	230/400 Vc.a.	70 A (monofase) 63 A	43 kW
Schuko	230 Vc.a.	10 A	2,3 kW



Tipo 2. Prevedono sistema di ritenuta della spina nella presa (obbligatorio). Interblocco lato stazione

Tipo 3: interblocco lato stazione facoltativo fino a 16A



## Sistema di ricarica in area privata con accesso pubblico







## Sistema di ricarica in area privata con accesso pubblico





## Sistema di ricarica in area privata con accesso pubblico





# Sistema di ricarica del Distributore in luoghi pubblici







# Sistema di ricarica del Distributore in luoghi pubblici





## Sistema di ricarica rapida con più standard in AC e DC





# Sistema di ricarica rapida con più standard in AC e DC







# Sistema di ricarica rapida con più standard in AC e DC





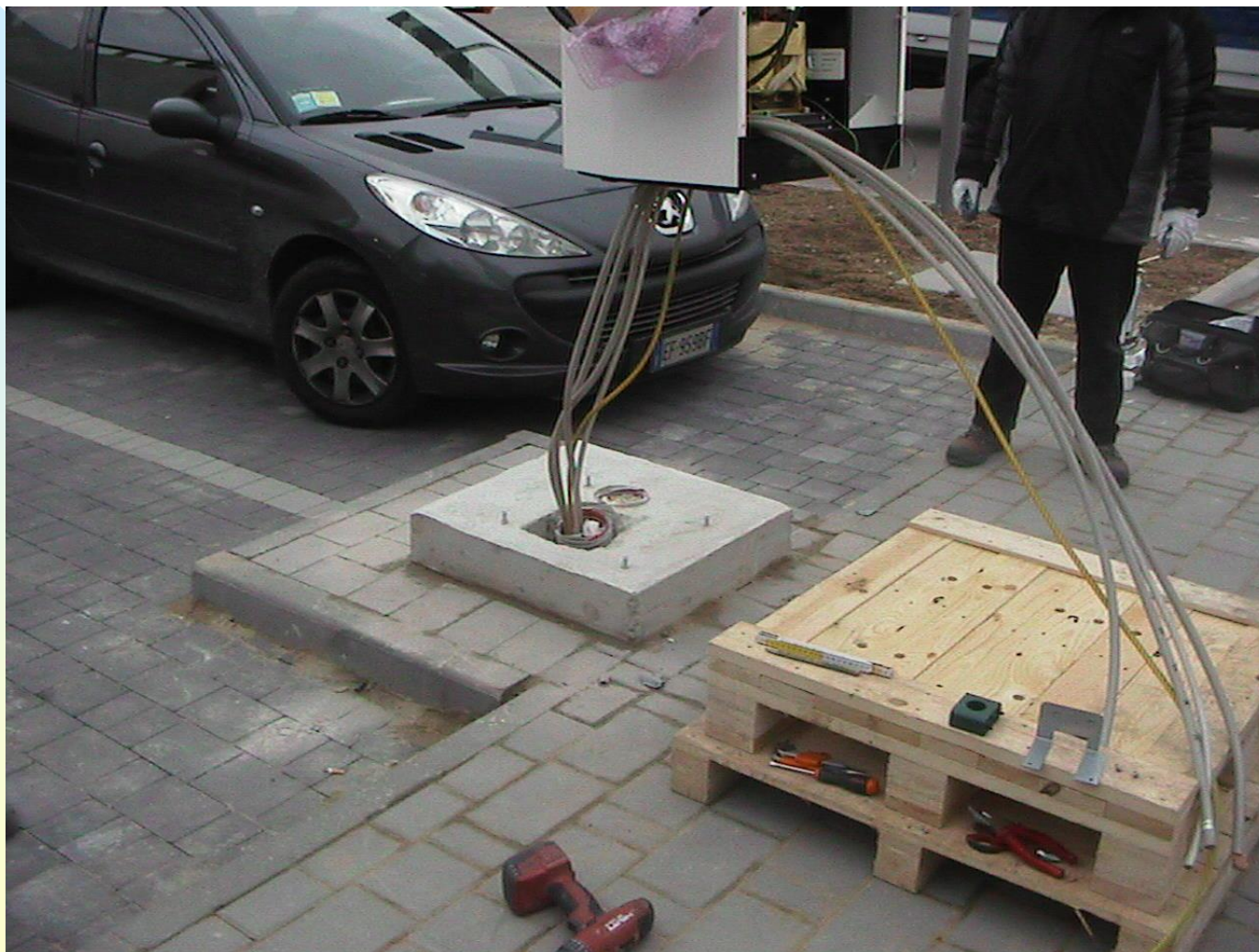
## Sistema di ricarica rapida con più standard in AC e DC







## Sistema di ricarica rapida con più standard in AC e DC





## Sistema di ricarica: informazioni. E i pagamenti ?



## Sistema di ricarica rapida: presa in DC







## Sistema di ricarica rapida: presa in DC tipo Chademo



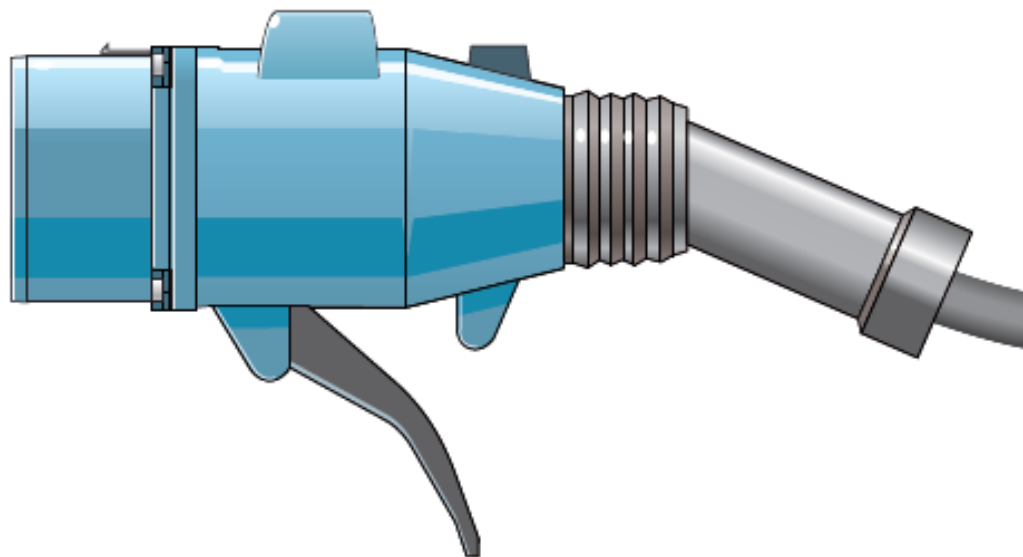
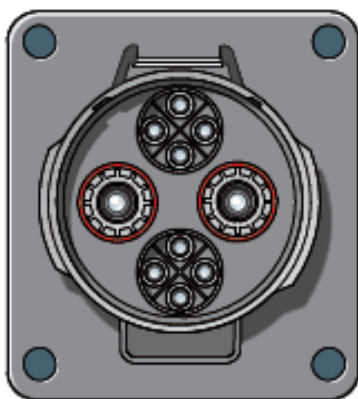


# Sistema di ricarica rapida: presa in DC tipo Chademo





## Sistema di ricarica rapida: presa in DC tipo Chademo



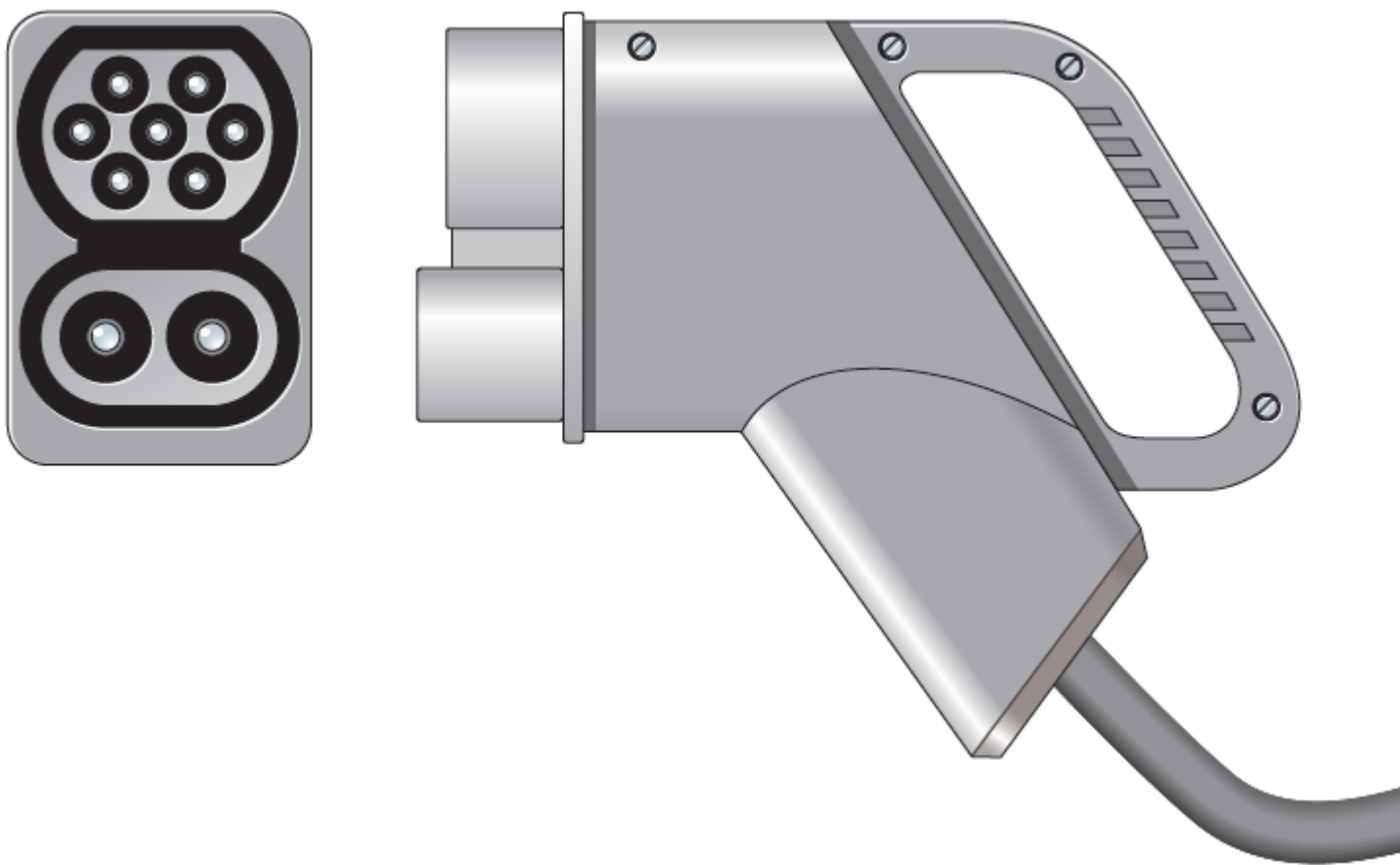
### **Connettore CHAdeMO - ricarica rapida**

Si trova sul lato veicolo (solo veicoli predisposti ) e sulle stazioni di ricarica rapida.

Il cavo è collegato in modo fisso alla stazione



## Sistema di ricarica rapida: presa in DC tipo Combo



**Connettore Combined Charging System (Combo) - ricarica rapida e lenta.**

Si trova sul lato veicolo (solo veicoli predisposti) e sulle stazioni di ricarica rapida.  
Il cavo è collegato in modo fisso alla stazione



# Sistema di ricarica rapida in DC





# Sistema di ricarica rapida in DC





# Sistema di ricarica rapida in DC







# Sistemi di ricarica ultrarapida in DC





# Norma CEI 64-8 settima edizione 2012

**1ª EDIZIONE 1984**

**2ª EDIZIONE 1988**

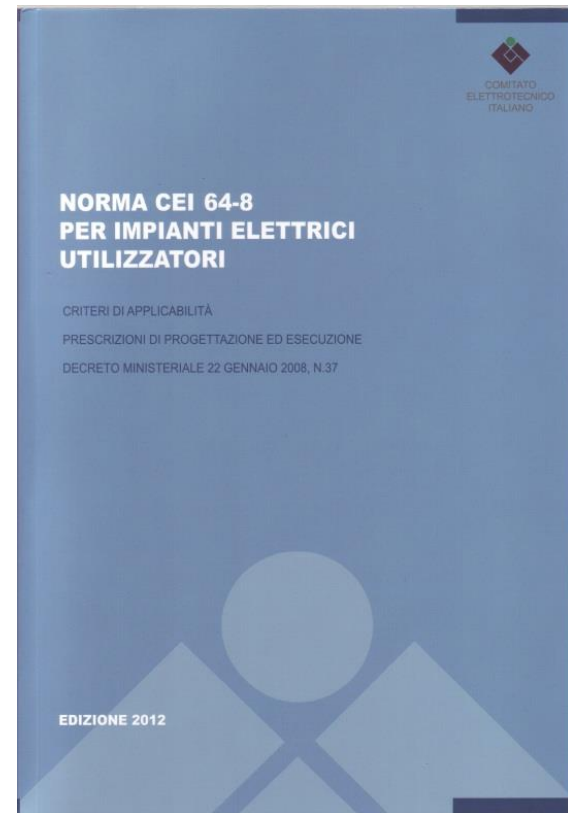
**3ª EDIZIONE 1992**

**4ª EDIZIONE 1998**

**5ª EDIZIONE 2003**

**6ª EDIZIONE 2007**

**7ª EDIZIONE 2012**

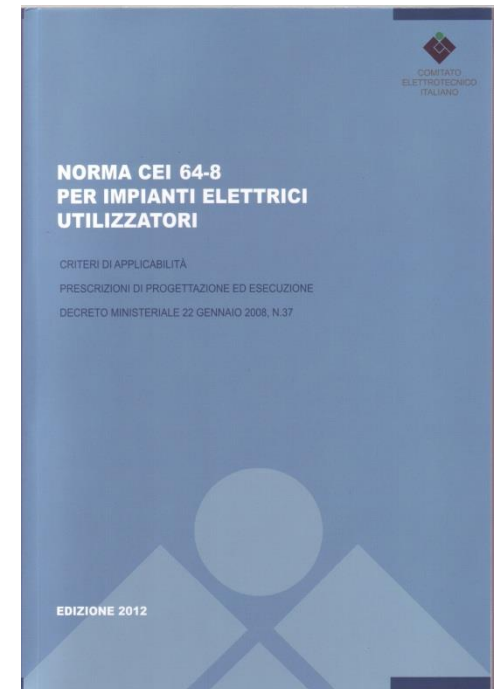




# Norma CEI 64-8 settima edizione 2012

**Norma CEI 64-8**      **settima edizione**  
**Stato Edizione:**      **in vigore**  
**Data validità:**      **01-11-2012**

- ❖ **Le prescrizioni normative sono riportate sulle pagine di destra**
- ❖ **I commenti sulle pagine di sinistra**
- ❖ **La norma è costituita dall'insieme di 7 Parti suddivise in Sezioni**
- ❖ **Ogni Parte deve essere utilizzata congiuntamente alle altre 6 Parti**





# Norma CEI 64-8 Variante 5

## Norma CEI 64-8 Variante 5 edizione febbraio 2019

### Sezione 722

### Alimentazione dei veicoli elettrici (stradali)

#### N O R M A I T A L I A N A C E I

*Norma Italiana*

**CEI 64-8;V1**

*Data Pubblicazione*

**2013-07**

La seguente Norma recepisce con modifiche: HD 60364.4.442:2012-01; HD 60364.7.722:2012-04.

*Titolo*

**Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1 000 V in corrente alternata e a 1 500 V in corrente continua**

*Titolo*

Low voltage electrical installations

*Sommario*

La presente Variante contiene due nuove Sezioni della Norma CEI 64-8:2012:06 e l'inserimento di una nuova prescrizione relativa alle modalità di connessione di componenti elettrici, nonché una modifica nella Parte 6 relativa alle verifiche.

In particolare sono state eseguite aggiunte o modifiche a:

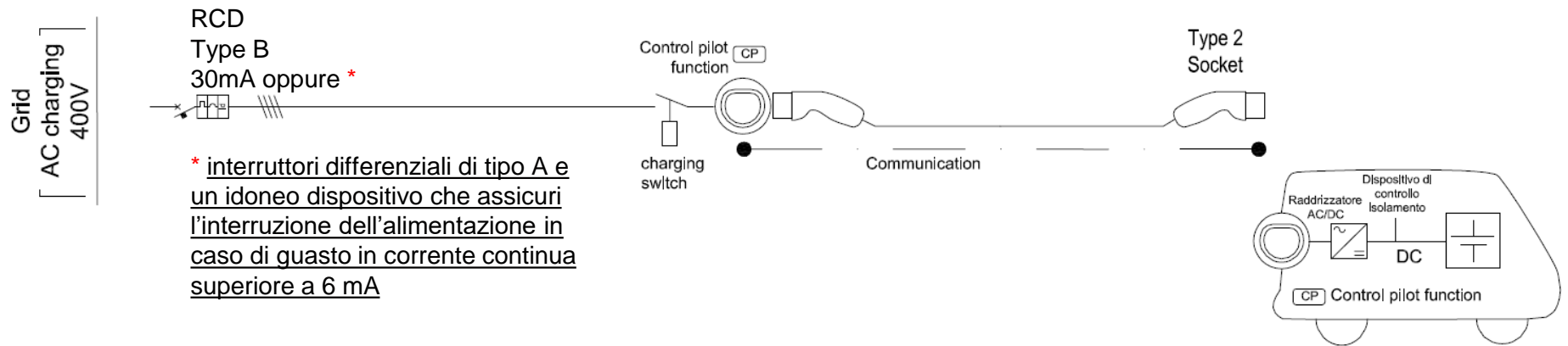
- Parte 3, "Caratteristiche generali", nota all'art. 37.1
- Parte 4, Sezione 442 "Protezione degli impianti contro i guasti tra sistemi di II e III categoria e la terra";
- Parte 5, Articolo 526.4;
- Parte 6, Articoli 62.2.1;
- Parte 7, Sezione 722 - "Alimentazione dei veicoli elettrici".

VARIANTE



© CEI COMITATO ELETTROTECNICO ITALIANO - Milano 2013. Riproduzione vietata.  
Tutti i diritti sono riservati. Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta, messa in rete o diffusa con un mezzo qualsiasi senza il consenso scritto del CEI. Concessione per utente singolo. Le Norme CEI sono revisionate, quando necessario, con la pubblicazione sia di nuove edizioni sia di varianti. È importante pertanto che gli utenti delle stesse si accertino di essere in possesso dell'ultima edizione o variante.

# Ricarica in AC modo di collegamento 3





# Norma IEC 61851-23

**Edition 1.0 2014-03**

Electric vehicle conductive  
charging system –

Part 23: DC electric vehicle  
charging station

This is a preview - click here to buy the full publication



**IEC 61851-23**

Edition 1.0 2014-03

**INTERNATIONAL  
STANDARD**

**NORME  
INTERNATIONALE**



Electric vehicle conductive charging system –  
Part 23: DC electric vehicle charging station

Système de charge conductive pour véhicules électriques –  
Partie 23: Borne de charge en courant continu pour véhicules électriques

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

PRICE CODE **XC**  
CODE PRIX

ICS 43.120

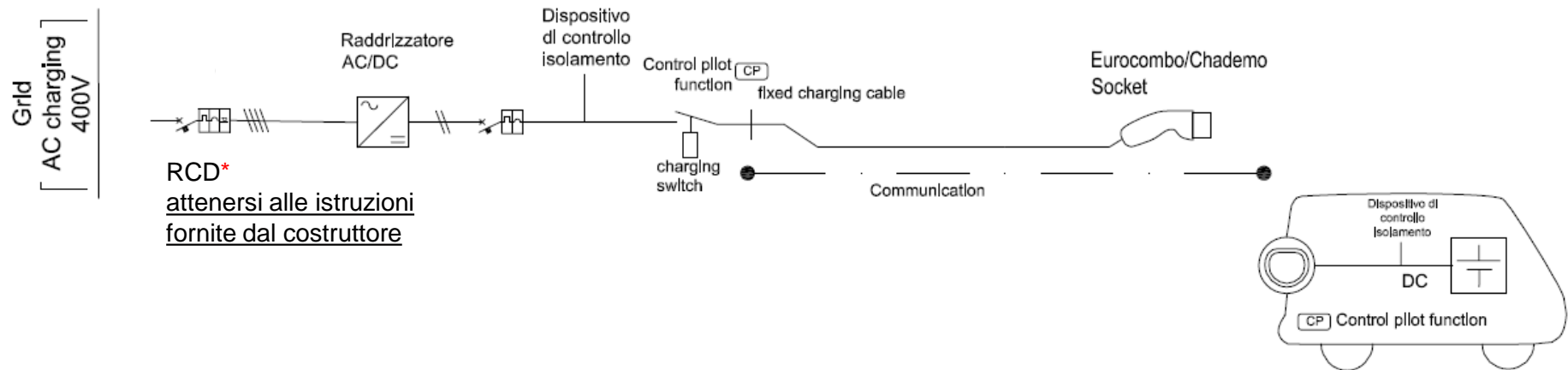
ISBN 978-2-8322-1440-4

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.  
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.





## Ricarica in DC modo di collegamento 4

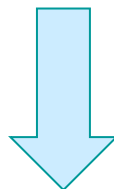




## **Norme CEI**

### **CONCLUSIONI:**

**IN ITALIA ESISTONO GIA' NORME PER  
L'INFRASTRUTTURA DI RICARICA DEI VEICOLI ELETTRICI  
(AUTOVEICOLI E MOTOVEICOLI)**



**UTILIZZARE LE NORME CEI SEMPRE**

**EVITARE INSTALLAZIONI NON CONFORMI ALLA  
NORMATIVA CEI IN VIGORE**