

# Rotabili di trazione attuali e di moderna concezione

Dalle locomotive E402B a GTO  
all'ETR 1000 ed i nuovi treni  
per il trasporto regionale

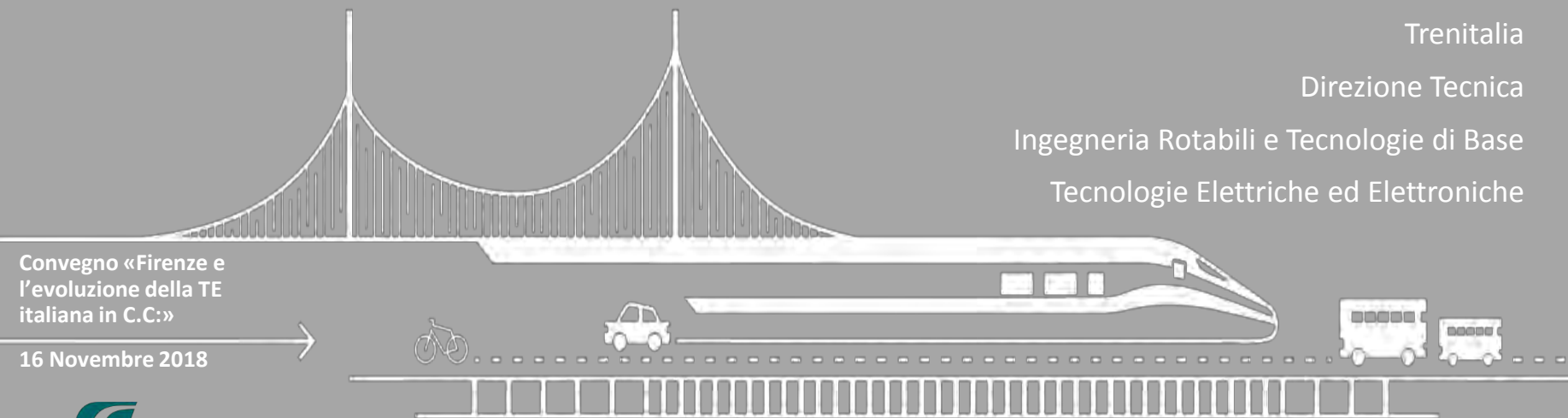
**Alfredo Biancucci**

Trenitalia

Direzione Tecnica

Ingegneria Rotabili e Tecnologie di Base

Tecnologie Elettriche ed Elettroniche



Convegno «Firenze e  
l'evoluzione della TE  
italiana in C.C.»

16 Novembre 2018

# INDICE

❑ **Locomotive tradizionali a GTO**

❑ **Ristrutturazione architetture tradizionali in chiave moderna per migliorare l'affidabilità**

❑ **Treni ad Alta Velocità**

❑ **Nuovi treni per il trasporto regionale**

❑ **Efficienza energetica**

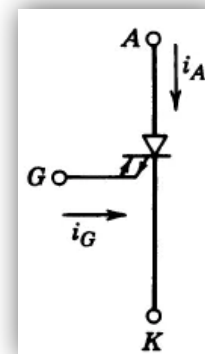


# Locomotive tradizionali a GTO

## Gate Turn Off Thyristor (GTO)

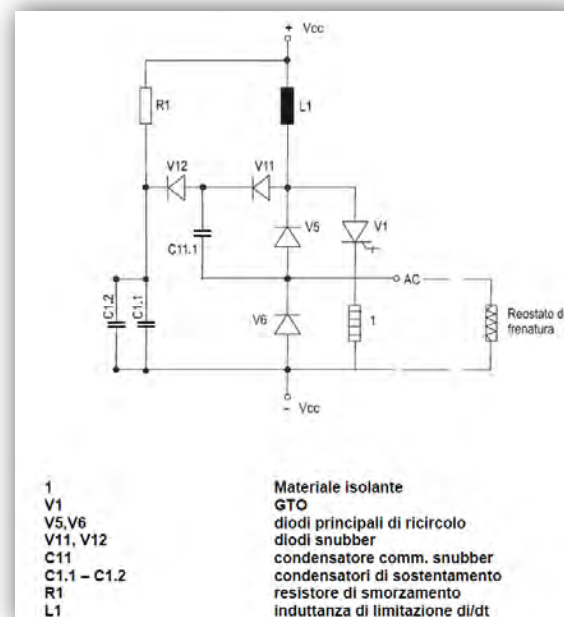
### VANTAGGI:

- Capacità di operare con elevate potenze (tensioni fino a **4-5 kV**, correnti fino a **3-4 kA**)
- Possibilità di spegnimento controllato (controllati in corrente)
- Frequenze di commutazione più elevate rispetto a tiristori (fino ad **alcuni kHz**)



### SVANTAGGI:

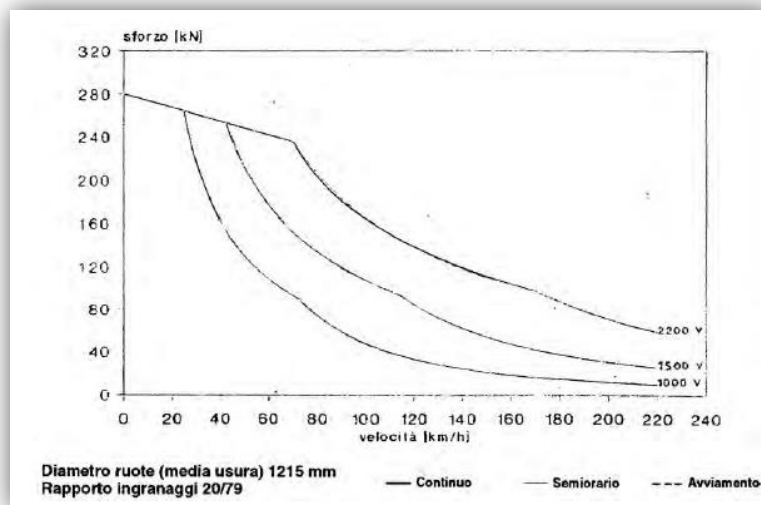
- Circuito di pilotaggio (Gate Unit) complesso ed oneroso
- Corrente di controllo elevata per spegnimento
- Maggiori perdite di commutazione, che richiedono **circuiti di raffreddamento** con elevata efficacia



# Locomotive tradizionali a GTO (E402B)

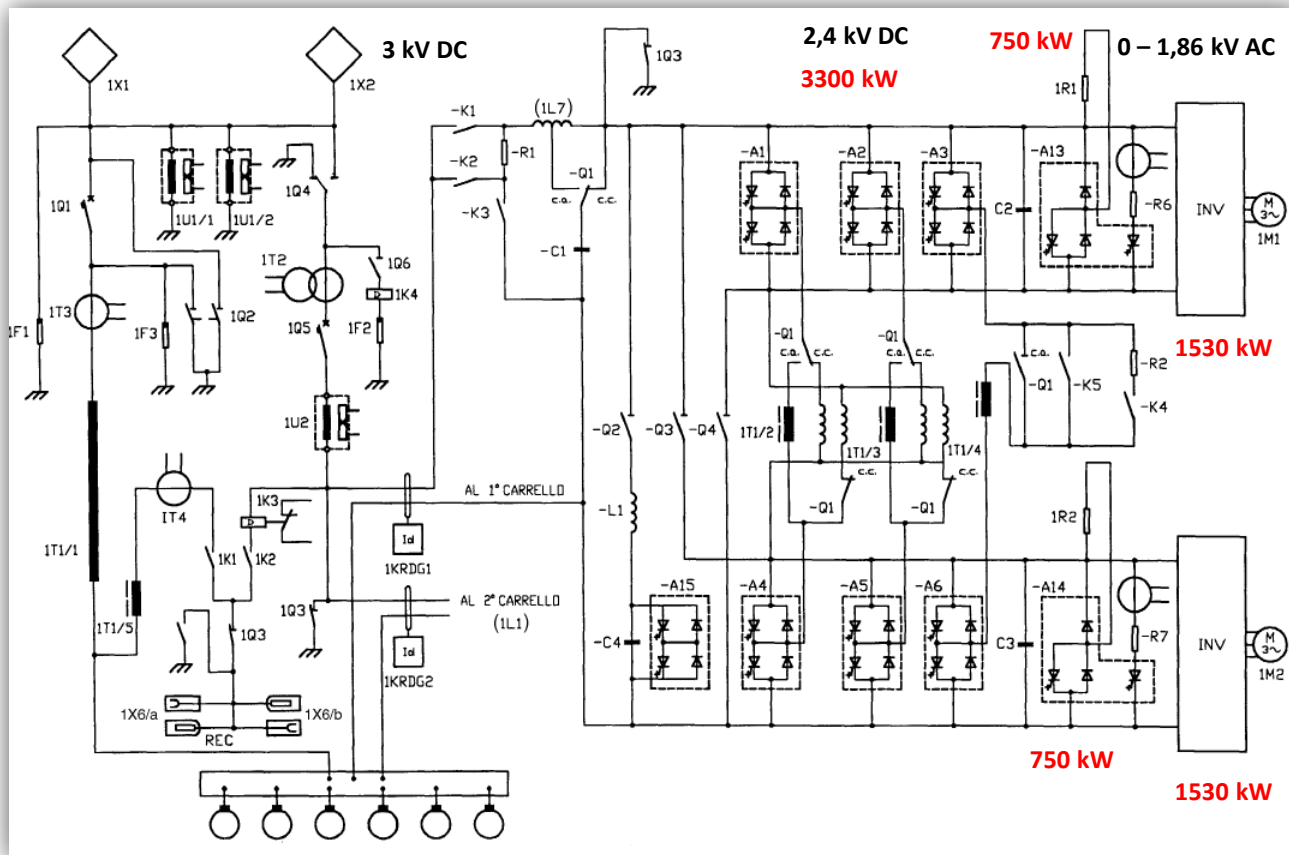
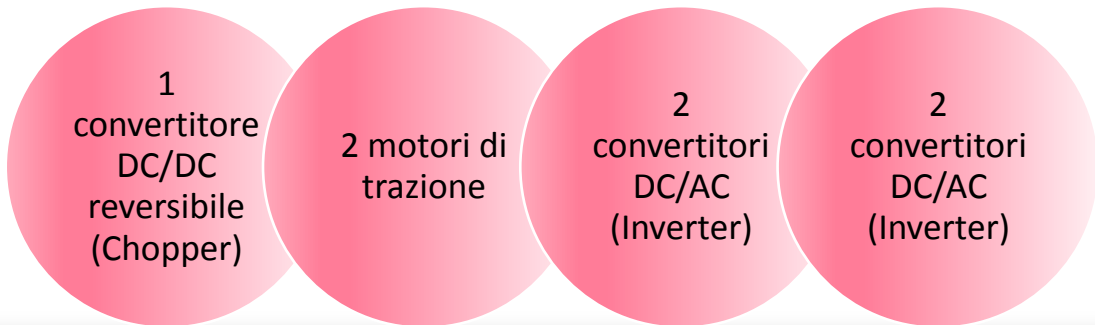
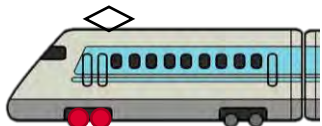
## Caratteristiche principali:

Flotta	80 Locomotive
Massa Totale	88 t
Assi motori (2carrelli)	4
Potenza continuativa alle ruote	5600 kW
Potenza continuativa alle ruote di frenatura elettrica	3350 kW
Velocità massima di esercizio	200 km/h
Azionamento a GTO	4,5 kV – 2,4 kA



# Locomotive tradizionali a GTO (E402B)

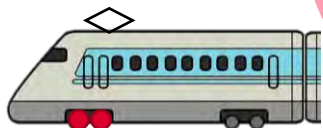
Architettura del sistema di trazione (1 carrello):



# Locomotive tradizionali a GTO (E402B)

## Sistema di raffreddamento

(1 torre – 1 carrello):



1  
motoventilatore  
(30 kW - 8,7  
metri  
cubi/secondo)

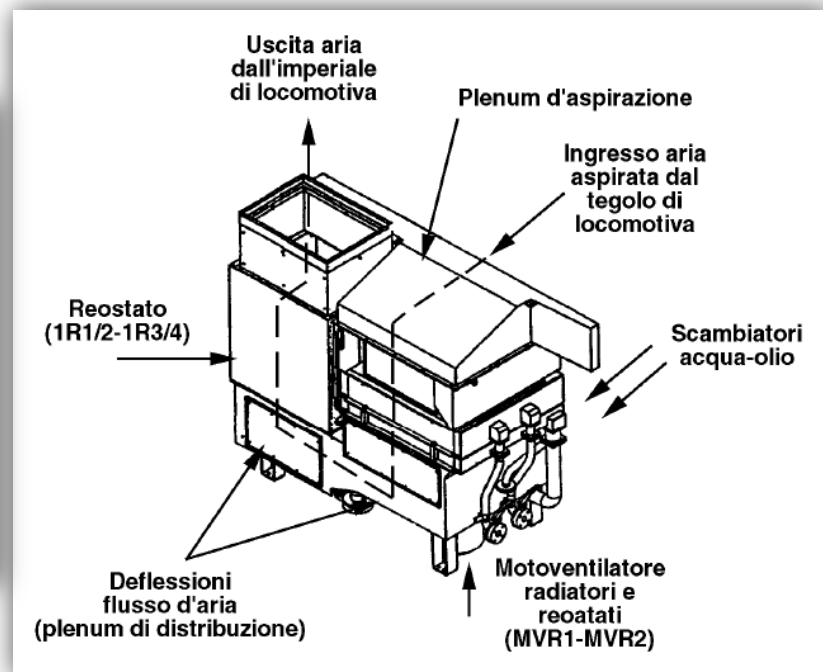
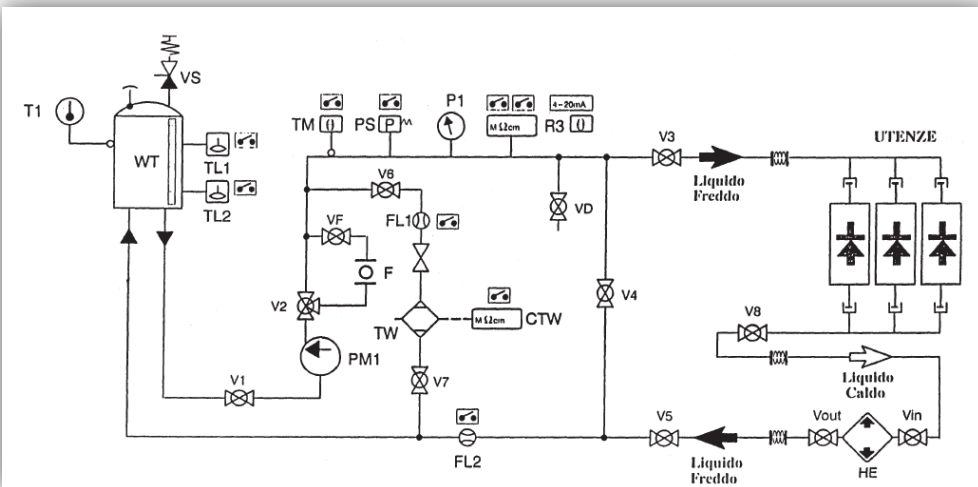
1 scambiatore  
di calore  
acqua-aria per  
raffreddamento  
o convertitore  
(**120 kW**)

1 pompa  
acqua (16,1  
metri  
cubi/ora)

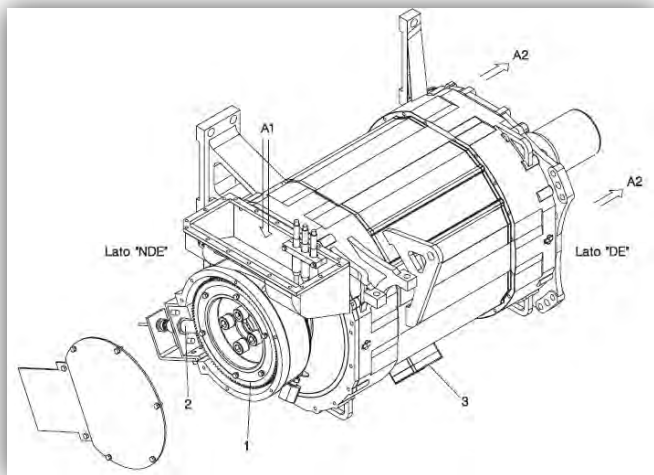
1 scambiatore  
di calore olio-  
aria per  
raffreddamento  
o  
trasformatore  
/induttanze  
filtro (**230 kW**)

1 pompa olio  
(62,5 metri  
cubi/ora)

Raffreddamen  
to reostato



# Motore di trazione asincrono trifase (E402B)

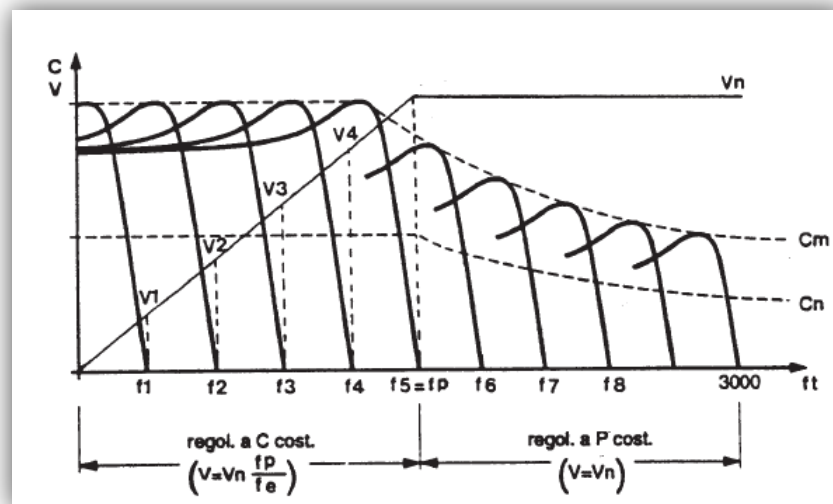
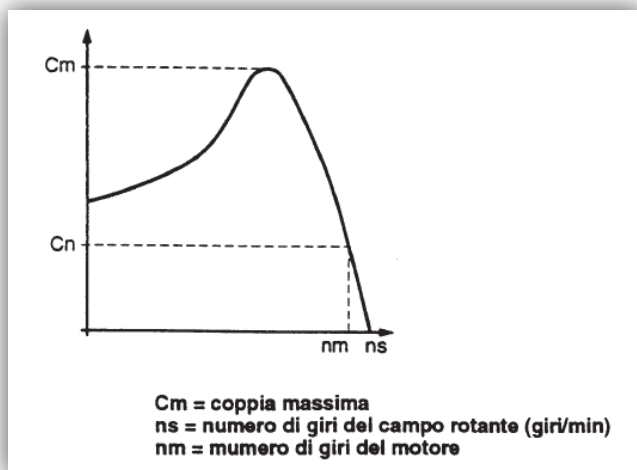


## VANTAGGI:

- Assenza di collettore e spazzole
- Migliore rendimento con azionamenti a velocità variabile
- Caratteristica di coppia più favorevole
- Migliore rapporto peso/potenza
- Minore costo, dimensioni ed inerzia a parità di potenza

## SVANTAGGI:

- Perdite rotoriche

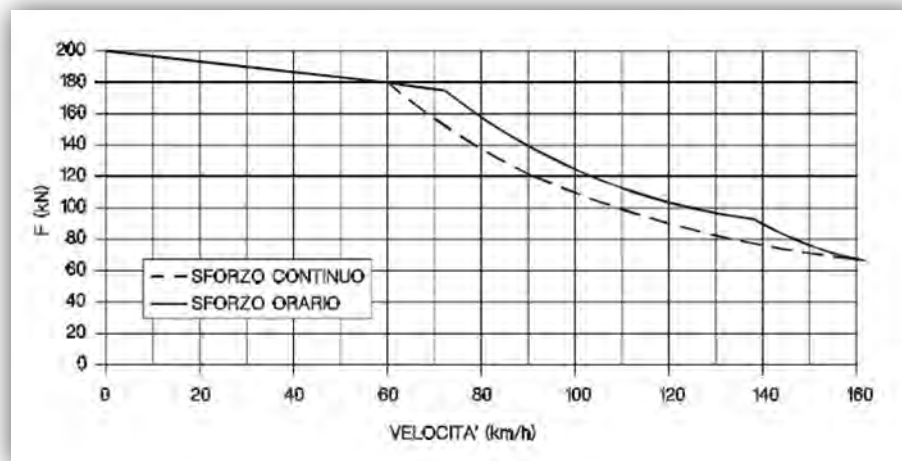




# Locomotive tradizionali a GTO (E464)

## Caratteristiche principali:

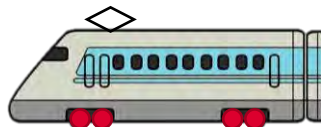
Flotta	717 Locomotive
Massa Totale	72 t
Assi motori (2carrelli)	4
Potenza continuativa alle ruote	3000 kW
Potenza continuativa alle ruote di frenatura elettrica	3000 kW
Velocità massima di esercizio	160 km/h
Azionamento a GTO	4,5 kV – 3,5 kA





# Locomotive tradizionali a GTO (E464)

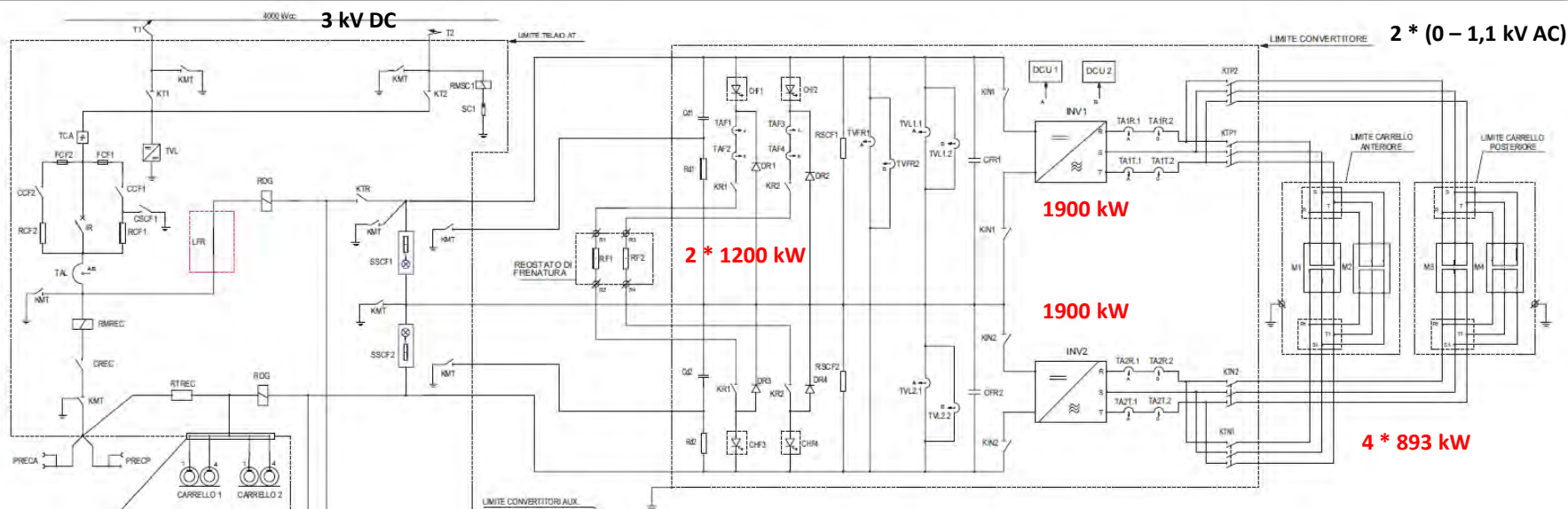
Architettura del sistema di trazione  
(2 carrelli):



2 convertitori  
DC/AC  
(Inverter)

4 motori di  
trazione

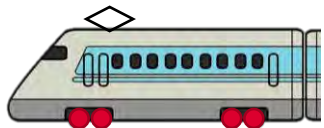
2 convertitori  
DC/DC  
(Chopper di  
Frenatura)



# Locomotive tradizionali a GTO (E464)

## Sistema di raffreddamento

(1 torre – 2 carrelli):



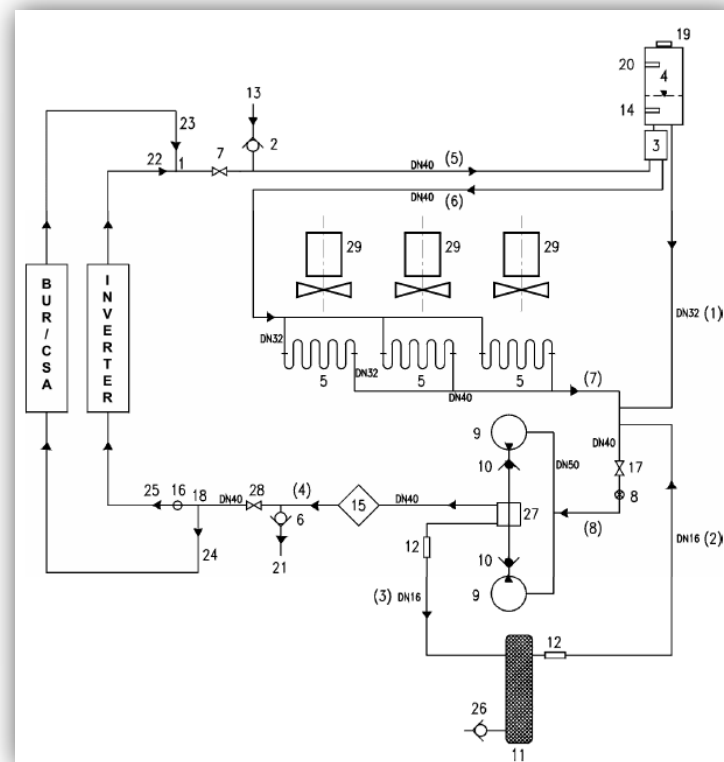
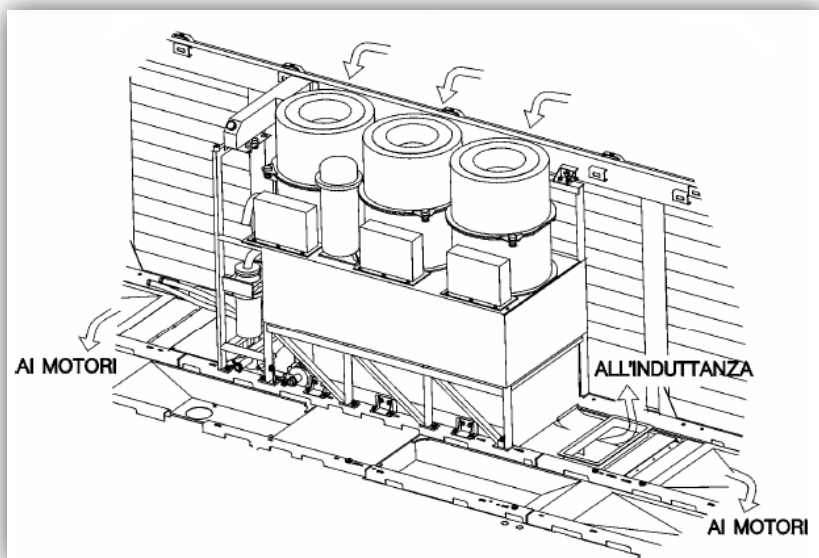
3 motoventilatori  
(3\*16,7 kW  
8,1 metri  
cubi/secondo)

1 scambiatore di  
calore acqua-aria  
per  
raffreddamento  
convertitore (130  
kW)

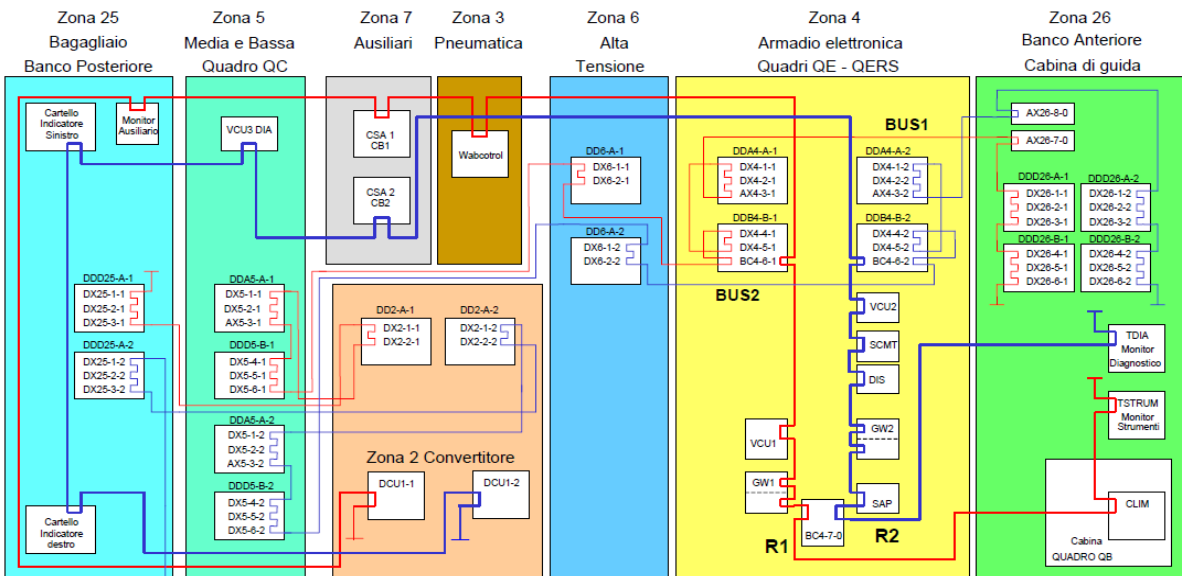
1 pompa acqua  
(180 litri/minuto)

Raffreddamento  
induttanza di  
filtro rete

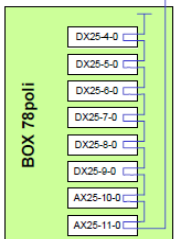
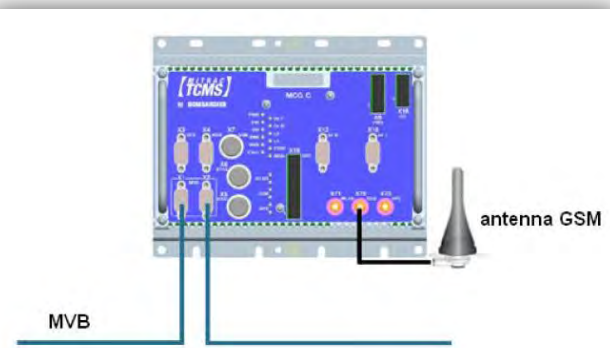
Raffreddamento  
motori di  
trazione



# Telediagnostica (E464)



## CENTRALINA DI TELEDIAGNOSTICA



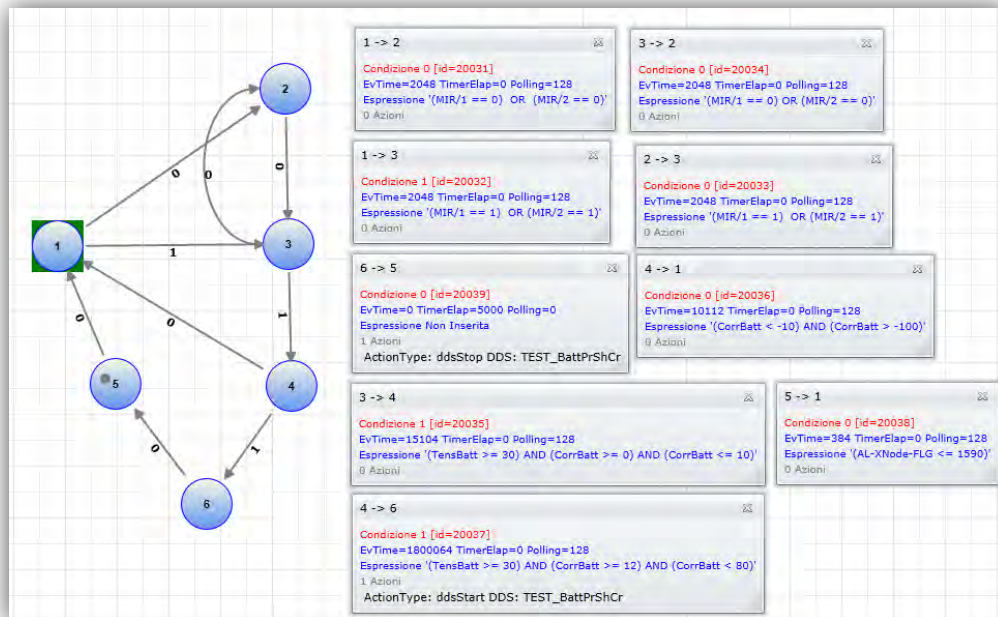
## VANTAGGI

- **Disponibilità di dati provenienti da bordo treno in “near real time”**
- Aumento della disponibilità dei treni per il servizio commerciale
- Diminuzione delle onerose attività di ricerca guasto
- Ottimizzazione delle risorse necessarie (personale di manutenzione, ricambi ed attrezzature)
- Possibilità di creare **Avvisi di Manutenzione automatici** da remoto (Interfaccia Web)

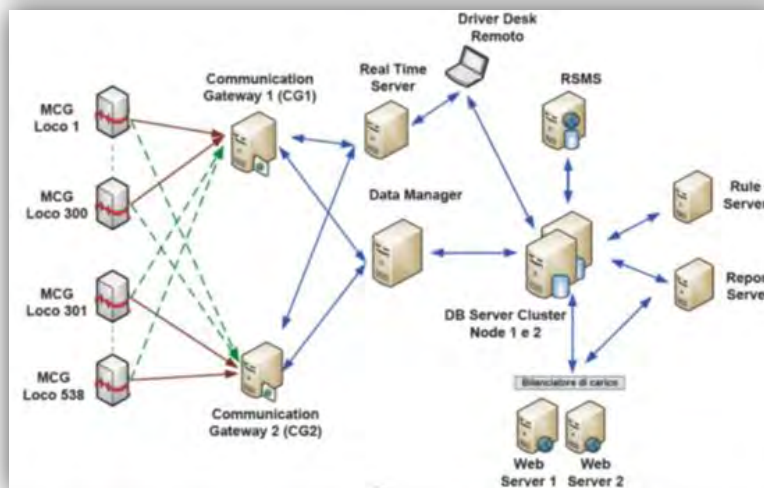
# Telediagnostica (E464)

## CREAZIONE DI ALGORITMI DIAGNOSTICI E AVVISI DI MANUTENZIONE

- Implementazione di **Algoritmi Diagnostici** mediante Interfaccia Web



- Generazione di **Avvisi di Manutenzione** automatici

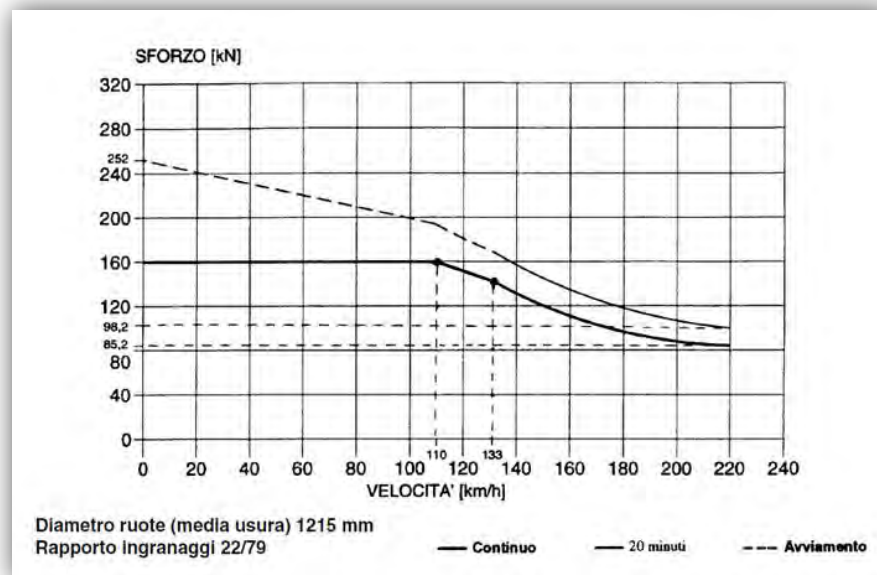




# Ristrutturazioni architetture tradizionali in chiave moderna per migliorare l'affidabilità (E402A)

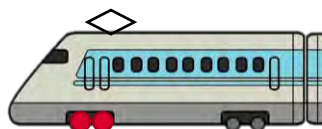
## Caratteristiche principali:

Flotta	44 Locomotive
Massa Totale	87 t
Assi motori (2carrelli)	4
Potenza continuativa alle ruote	5200 kW
Potenza continuativa alle ruote di frenatura elettrica	3350 kW
Velocità massima di esercizio	200 km/h
Azionamento a GTO	4,5 kV – 2,4 kA



# Ristrutturazioni architetture tradizionali in chiave moderna per migliorare l'affidabilità (E402A)

Architettura del sistema di trazione (1 carrello):



3 kV DC

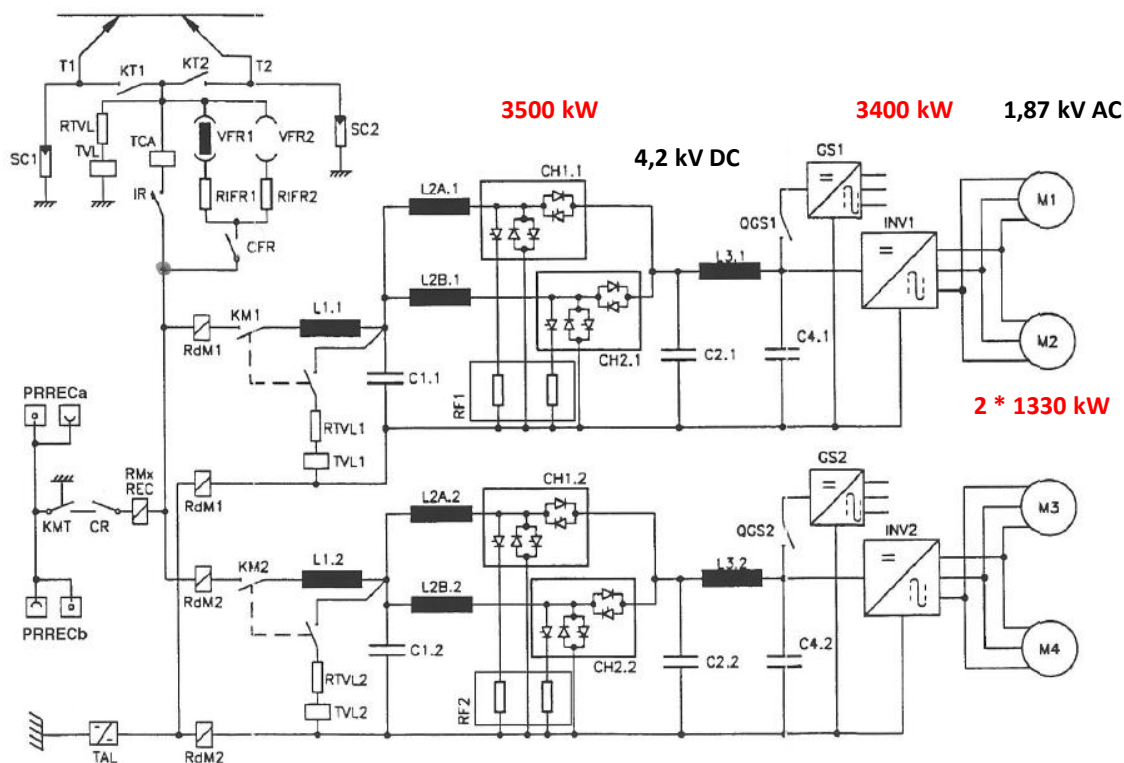
1 convertitore DC/DC (Chopper)

1 convertitore DC/AC (Inverter)

2 motori di trazione

1 convertitore DC/DC (Chopper di frenatura)

1 convertitore DC/DC (Servizi ausiliari)





# Ristrutturazioni architetture tradizionali in chiave moderna per migliorare l'affidabilità (E402A → E401)



## Sottosistemi oggetto di Revamping:

- Convertitori di trazione
- Convertitori ausiliari
- Carica Batterie

- Logica di comando e controllo
- Telecomando
- Telediagnostica

- Climatizzazione
- Carichi ausiliari
  - Sistema di raffreddamento
  - Antincendio
  - Energy Meter

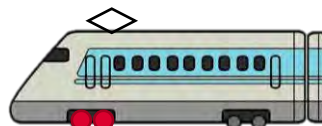


## Principali vantaggi apportati sulla trazione/ausiliari:

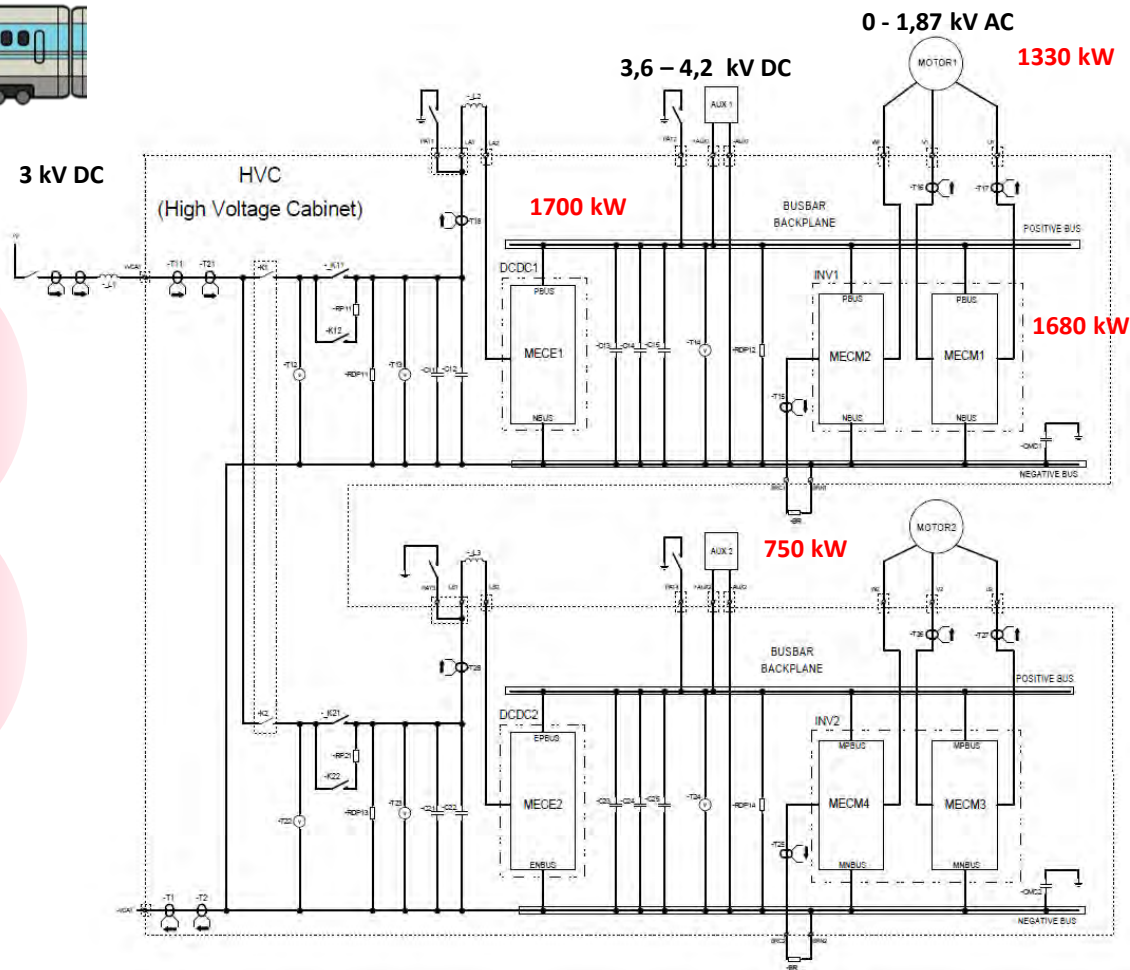
- Aumento di disponibilità della trazione (controllo del singolo asse)
- Aumento di disponibilità dei servizi ausiliari (riconfigurazioni dei convertitori ausiliari e della rete di media tensione)
- Convertitori di trazione ed ausiliari ad IGBT (6,5 kV – 0,75 kA)
- Aumento di disponibilità delle logiche di comando e controllo (utilizzo di logiche ridondate)
- Disponibilità in "near real time" dei dati di processo provenienti dalla locomotiva

# Ristrutturazioni architetture tradizionali in chiave moderna per migliorare l'affidabilità (E402A → E401)

Architettura del nuovo sistema di trazione E401 (1 carrello):

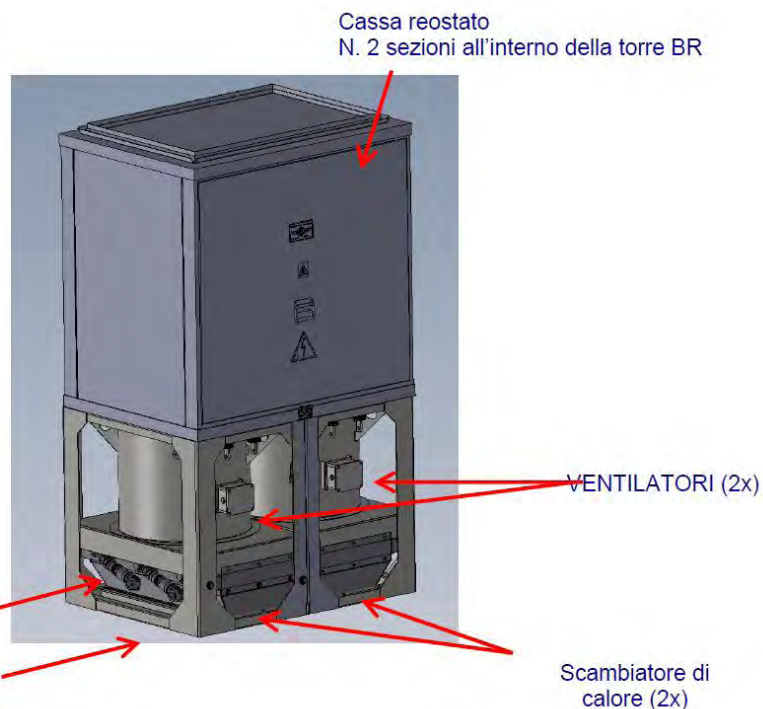
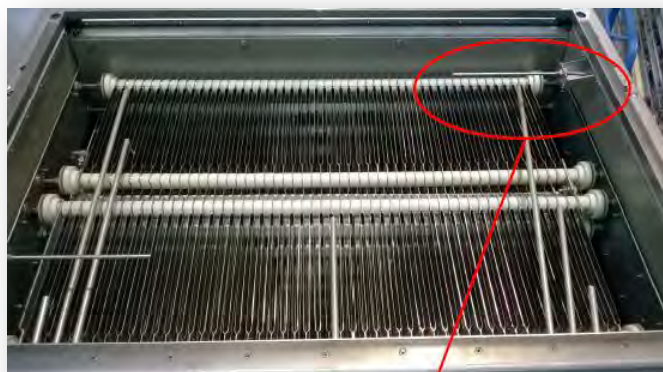
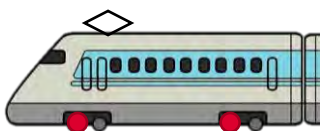


- 2 convertitore DC/DC (Chopper)
- 2 motori di trazione
- 2 convertitore DC/AC (Inverter)
- 2 convertitore DC/DC (Chopper di frenatura)
- 1 convertitore DC/DC (Servizi ausiliari)



# Ristrutturazioni architetture tradizionali in chiave moderna per migliorare l'affidabilità (E401)

Sistema di raffreddamento (1 torre – 2 azionamenti):



# Ridondanza alimentazione carichi ausiliari (E401)

## CONVERTITORI AUSILIARI:

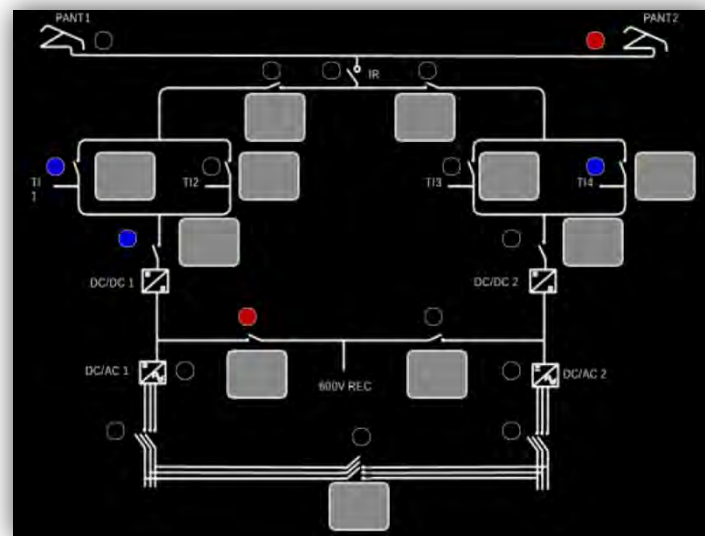
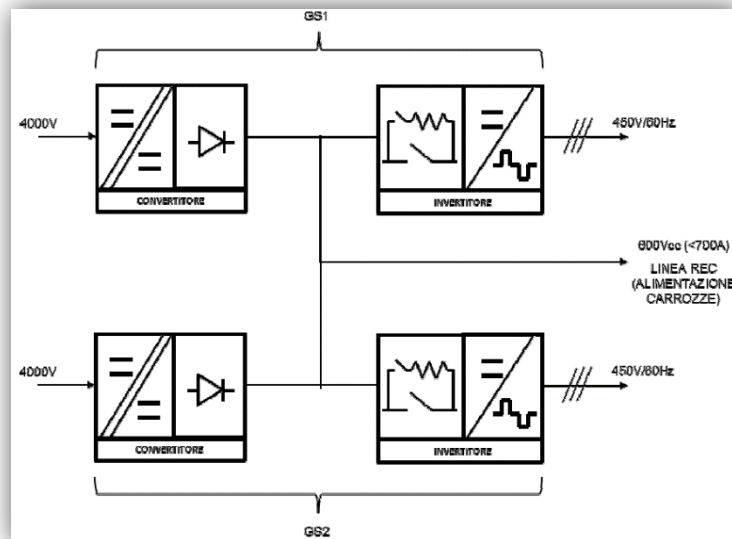
- Chopper abbassatore (DC/DC) da **630 kW**
- Inverter trifase (DC/AC) da **230 kW**
- Rete di soccorso DC
- Rete di soccorso AC
- Possibilità di alimentazione REC (600 V – **400 kW**)

## RETE AUSILIARIA 1 (frequenza fissa)

- Pompe acqua
- Compressori
- MV torre di raffreddamento
- Utenze HVAC
- Carica batterie
- MV raffreddamento convertitori ausiliari

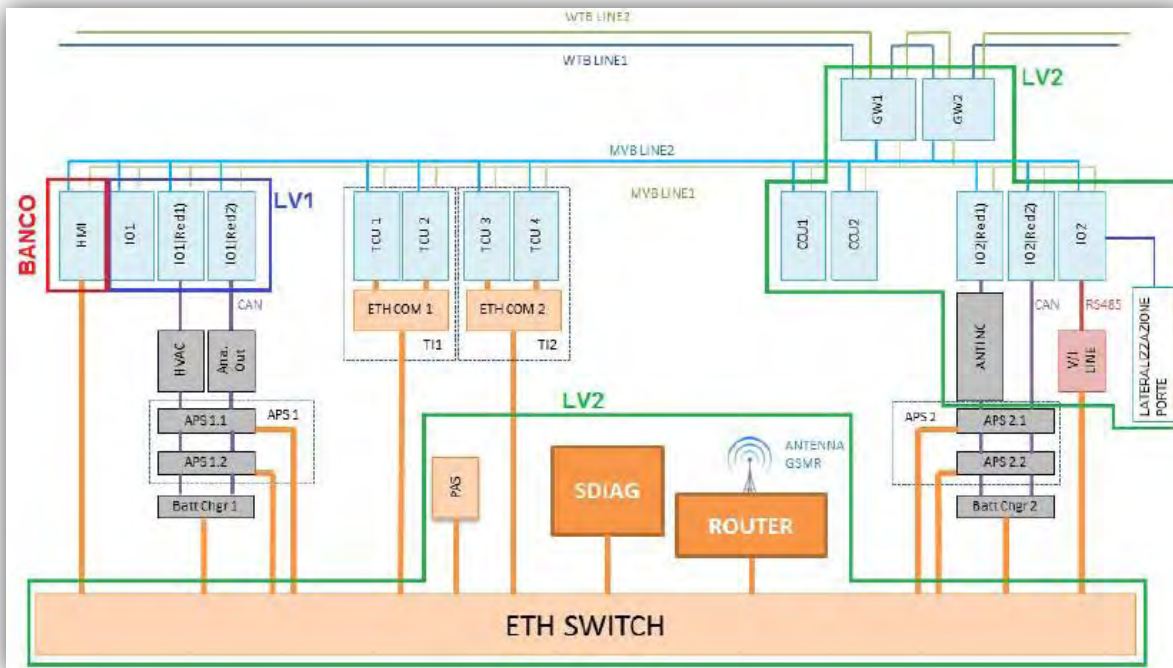
## RETE AUSILIARIA 2 (frequenza variabile)

- MV raffreddamento motori di trazione
- MV raffreddamento induttanze





# Architettura rete comando e controllo (E401)



## Architettura di Comando e Controllo:

- Logica di Veicolo ridondata (CCU)
- Bus MVB ridondata (linea A e B)
- Moduli ingresso/uscita ridondata (IO)
- Interfaccia uomo-macchina (IDU)
- Gateway ridondate (GW)
- Bus WTB ridondata (linea A e B)
- Sistemi controllo trazione (TCU)
- Sistemi controllo ausiliari (APS)
- Sistemi controllo carica batterie (BCG)
- Bus Ethernet (Diagnostica)

## Telediagnostica (sDIAG):

- Scarico database diagnostico
- Monitoraggio variabili di processo
- Creazione **Algoritmi CBM**

# Algoritmi CBM (E401)

## Indicatori di **Stato di Salute**:

- Mancanza elettrolita/c.to c.to celle pacco batterie
- Insufficiente ventilazione torri
- Perdita capacità condensatori
- Taratura non corretta sensori di tensione e corrente
- Tempo di alzamento pantografo



## Indicatori di **Vita Residua**:

- Ore di esercizio ventilatore HVAC
- Ore di esercizio compressore
- Numero movimentazioni rubinetto freno
- Numero di cicli contattori utenze MT

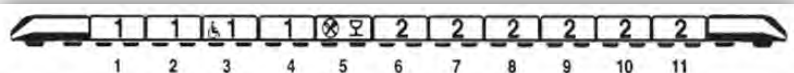
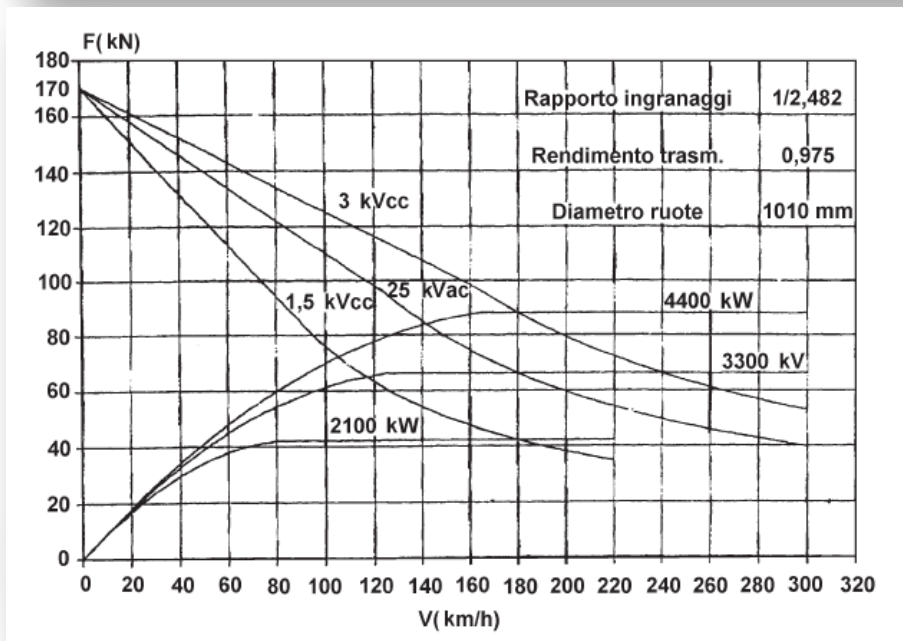




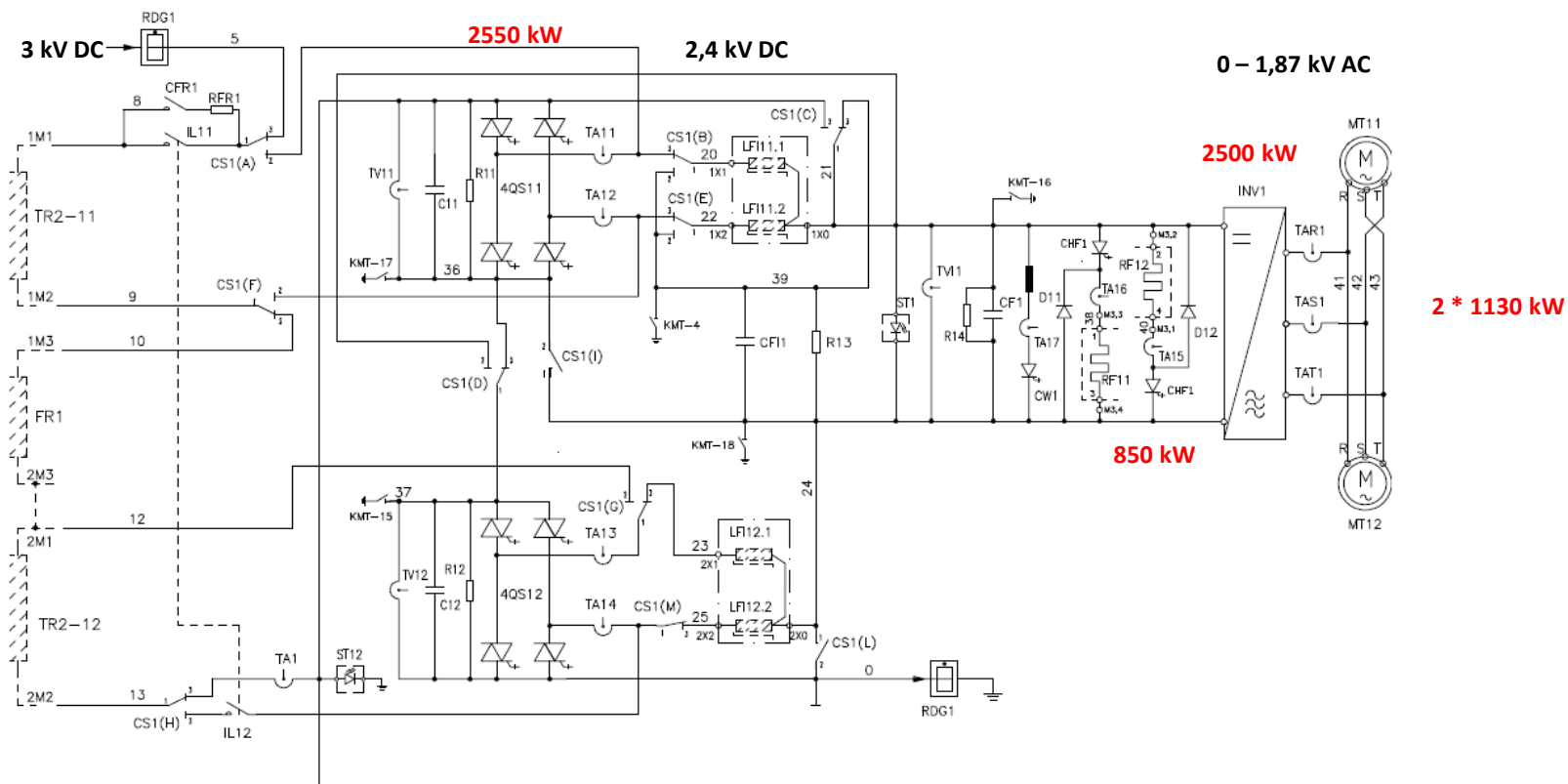
# Treni alta velocita (ETR500)

## Caratteristiche principali:

Flotta	60 Convogli
Composizione treno base	1 motrice 11 rimorciate 1 motrice
Massa totale	600 t
Assi motori (2carrelli)	4
Potenza continuativa alle ruote	8800 kW
Potenza continuativa alle ruote di frenatura elettrica	7500 kW
Velocità massima di esercizio	300 km/h
Azionamento a GTO	4,5 kV – 3 kA

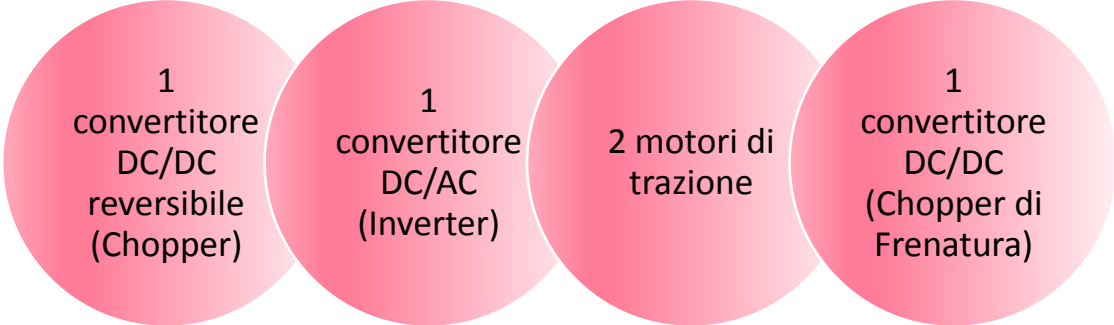
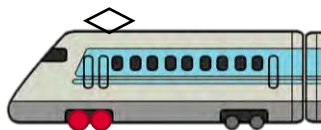


# Treni alta velocita (ETR500)



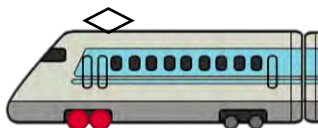
## Architettura del sistema di trazione

(1 carrello):



# Treni alta velocita (ETR500)

Sistema di raffreddamento (1 torre – 1 carrello):



1 motoventilatore  
(27 kW – 7,2  
metri  
cubi/secondo)

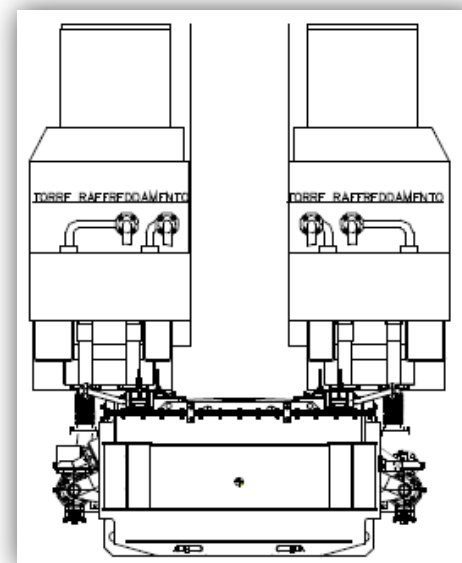
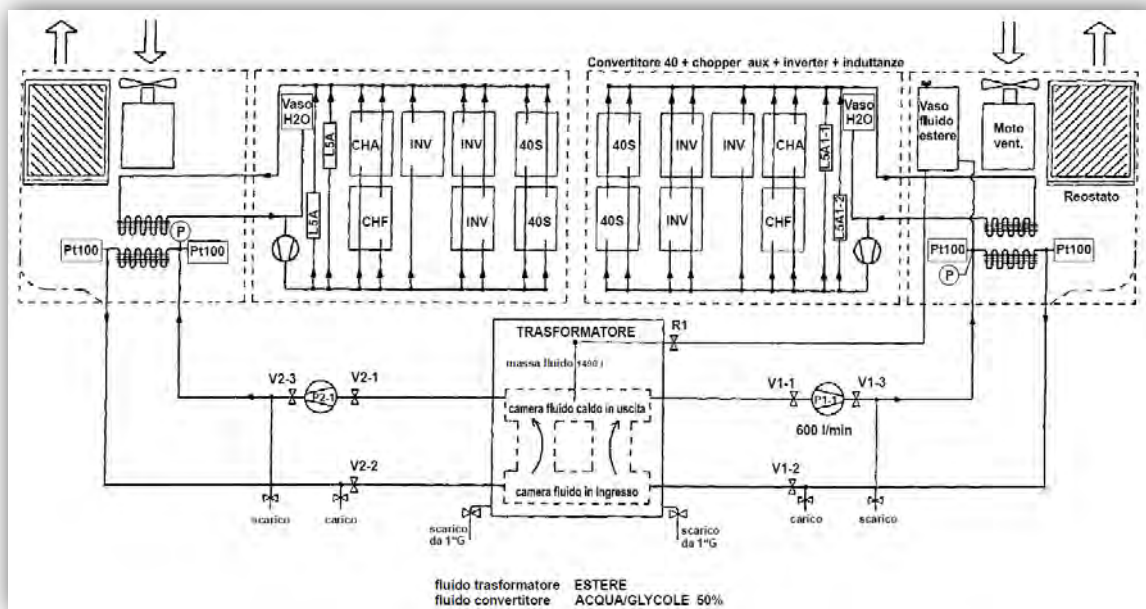
1 scambiatore di  
calore acqua-aria  
per  
raffreddamento  
convertitori (90  
kW)

1 pompa acqua  
(240 litri/minuto)

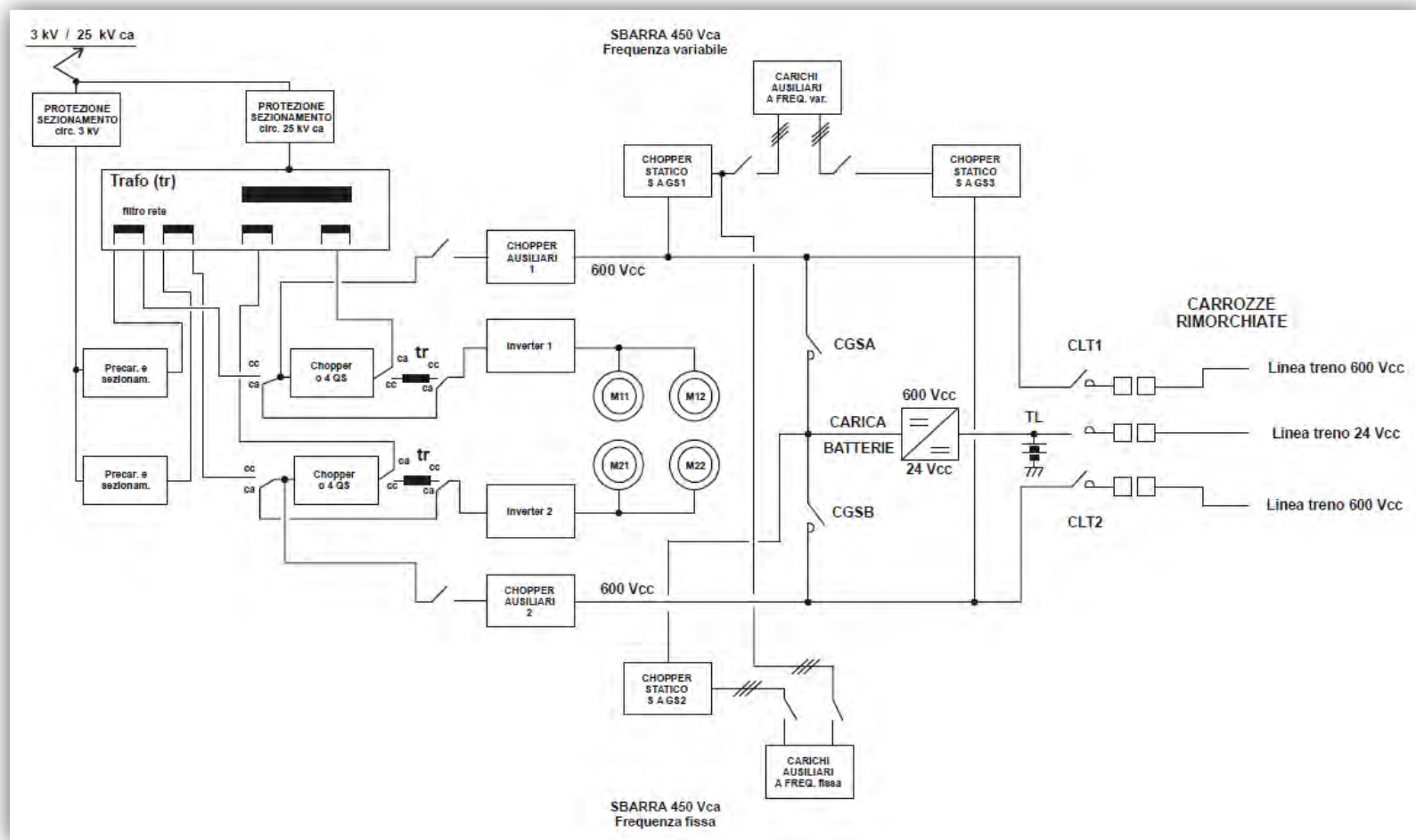
1 scambiatore di  
calore aria-olio  
per  
raffreddamento  
trasformatore  
(140 kW)

1 pompa olio  
(600  
litri/minuto)

Raffreddamento  
reostato



# Linee treno (ETR500)



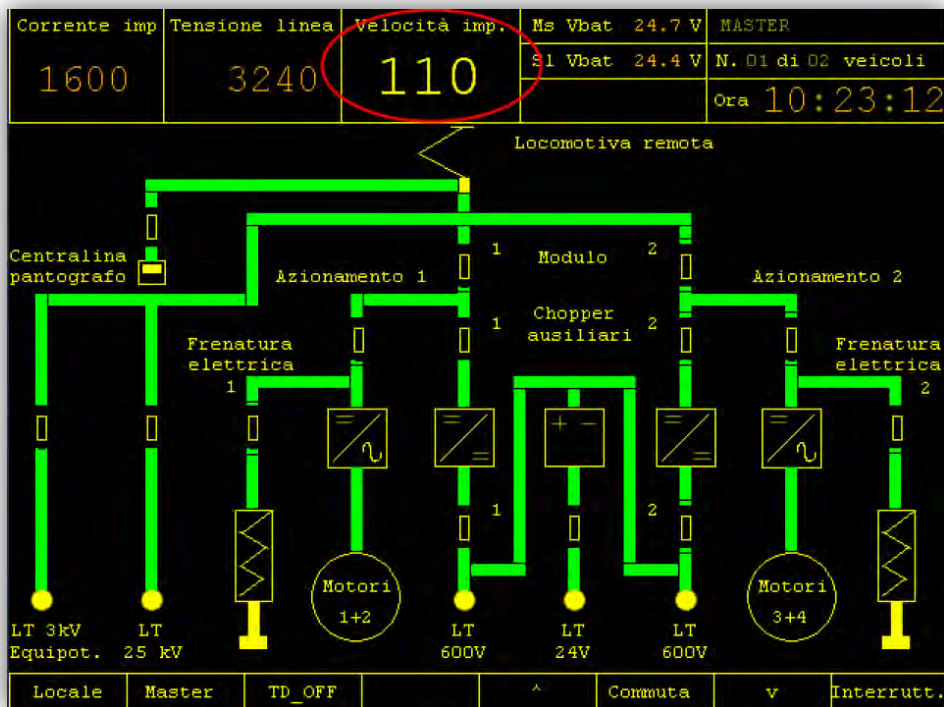
## Linea treno (600 V)

- Alimentazione ridondante utenze ausiliarie delle vetture (climatizzazione, carica batterie ed utenze BT/MT)

## Linea treno (24 V)

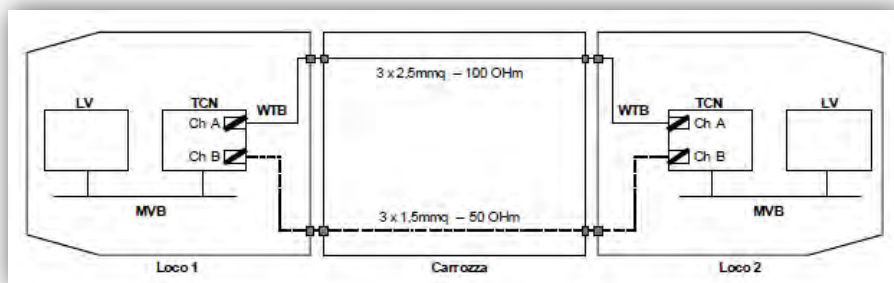
- Alimentazione BT di soccorso da vetture

# Sinottico e Telecomando (ETR500)



## Terminale Strumenti/Sinottico:

- Comandare esclusione parti di potenza
- Visualizzazione grandezze analogiche della locomotiva Master/Slave
- Visualizzazione stato utenze ausiliarie e componenti principali della locomotiva Master/Slave

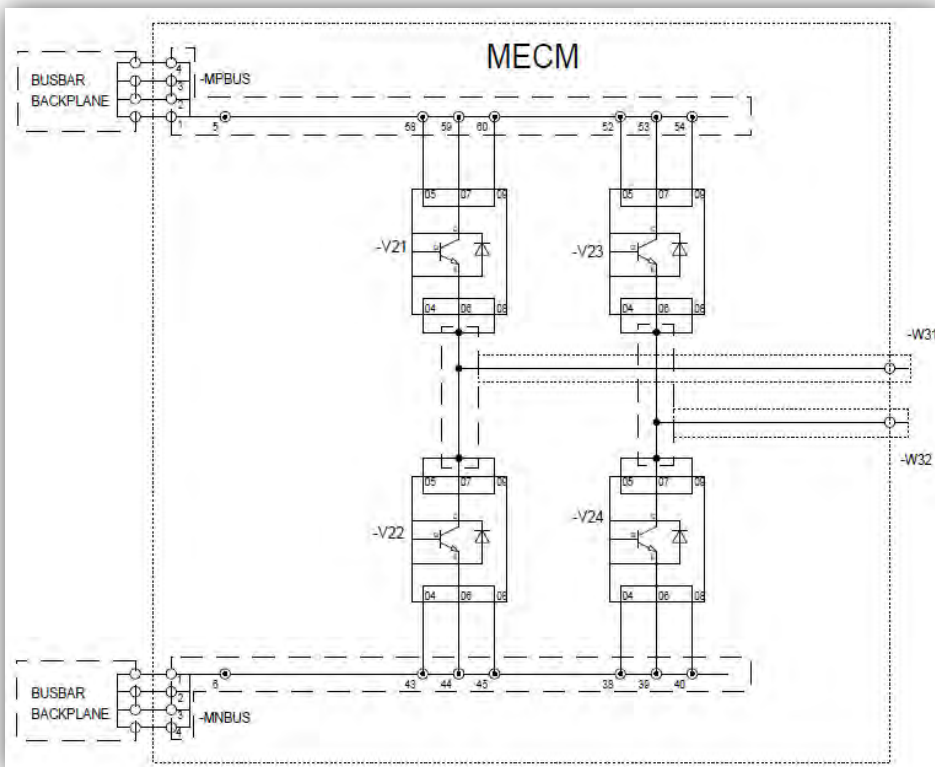


## Telecomando (Train Communication Network):

- Due GW (Gateway) ridondati
- Interfaccia MVB/WTB tra LV (Logica di Veicolo) e GW
- Due linee WTB (Wire Train Bus) ridondate



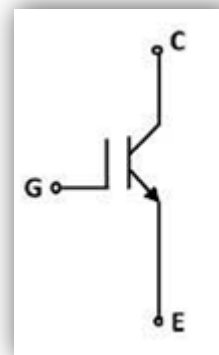
# Treni ad IGBT



## Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT)

### VANTAGGI:

- Circuito di pilotaggio più semplice (controllati in tensione)
- Capacità di operare in presenza di elevate tensioni (fino a **6-7 kV**) e medio-grandi potenze (correnti massime fino a **1-2 kA**)
- Possibilità dell'utilizzo in parallelo per aumentare la corrente commutabile
- Capacità di soportare tensioni inverse
- Frequenza di commutazione maggiore (decine di kHz)

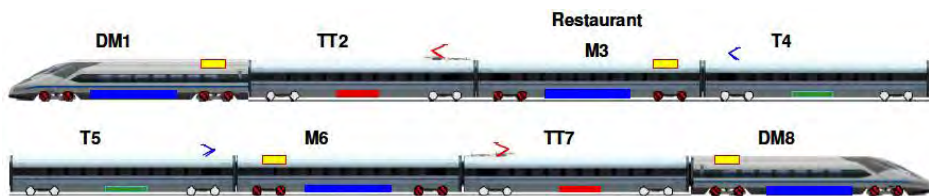




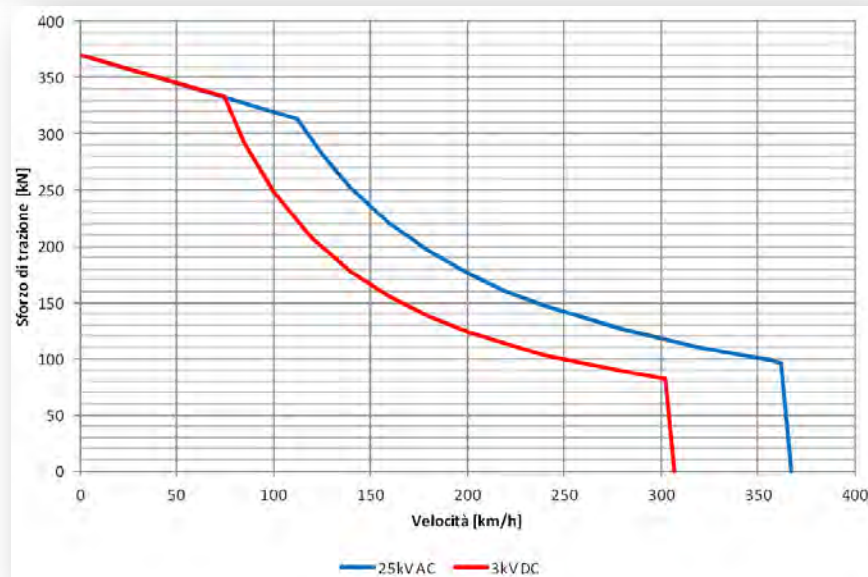
# Treni alta velocita (ETR1000)

## Caratteristiche principali:

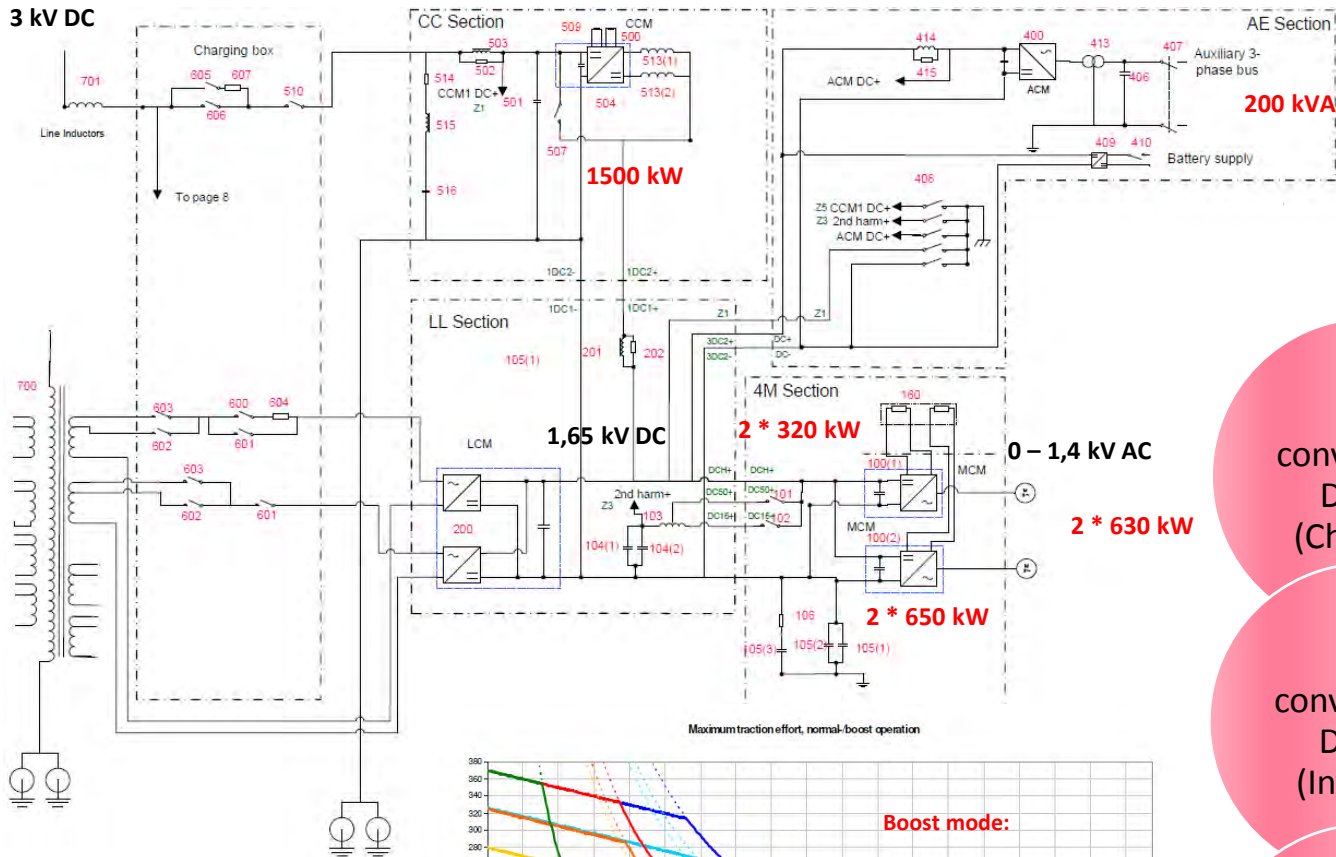
Flotta	50 Convogli
Treno a trazione distribuita	16 assi motori
Massa totale a carico nominale	500 t
Assi motori (2carrelli)	4 su veicolo motorizzato
Potenza alle ruote	9800 kW (AC) 6900 kW (DC)
Potenza alle ruote di frenatura elettrica	5600 kW
Velocità massima di esercizio	350 km/h (AC) 300 km/h (DC)
Azionamento ad IGBT	3,3 kV – 1 kA



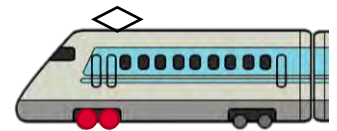
- Transformer
- Motor Bogie
- Converter
- Trailer Bogie
- Battery Charger
- AC Pantograph
- Brake Resistor
- DC Pantograph



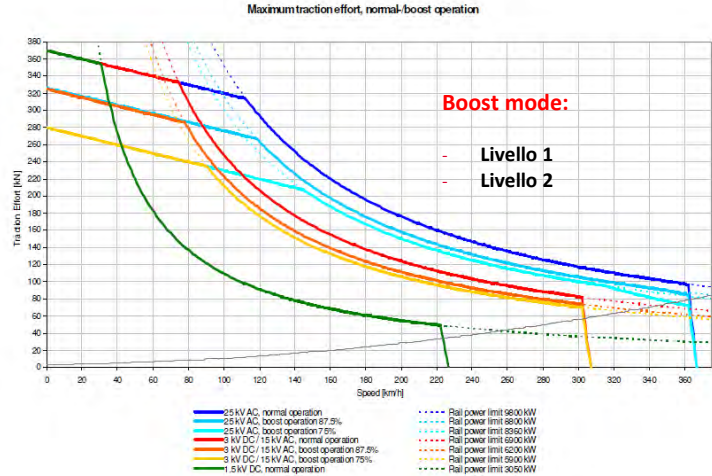
# Treni alta velocita (ETR1000)



**Architettura del sistema di trazione (1 carrello):**



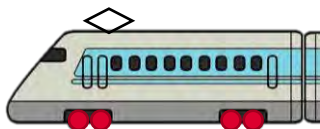
- 1 convertitore DC/DC (Chopper)
- 2 motori di trazione
- 2 convertitore DC/AC (Inverter)
- 1 convertitore DC/DC (Chopper di frenatura)
- 1 convertitore DC/DC (Servizi ausiliari)



# Treni alta velocita (ETR1000)

## Sistema di raffreddamento del convertitore

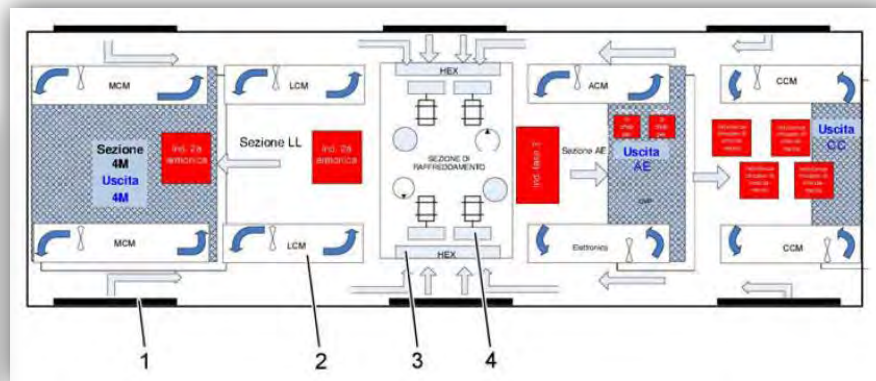
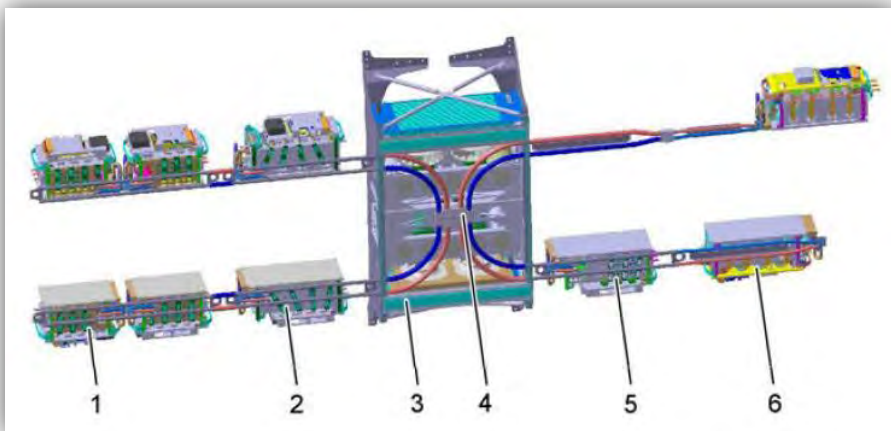
(1 vettura – 2 carrelli):



4  
motoventilatori  
(4 \* 1,8 kW – 2  
\* 3,7 metri  
cubi/secondo)

2 scambiatori di  
calore acqua-  
aria per  
raffreddamento  
convertitori (45  
kW)

2 pompe acqua  
(2 \* 35  
litri/minuto)



Subsystem (Output power)	AC 25kV, 50Hz (9800 kW)	AC 15kV, 16.7Hz (6900 kW)	DC 3kV (6900 kW)	DC 1.5kV (3050 kW)
Main transformer	94.7%	92.4%	-	-
Line inductor	-	-	95.1%	91.6%
Converter unit	98,0%	98.4%	97.0%	99.3%
Traction motor	93.5%	93.2%	93.2%	90.9%
Gear	98%	98%	98%	98%
<b>Traction chain overall</b>	<b>85.1%</b>	<b>83.0%</b>	<b>84.2%</b>	<b>81.0%</b>



# Nuova architettura rete ausiliaria (ETR1000)

T4/T5

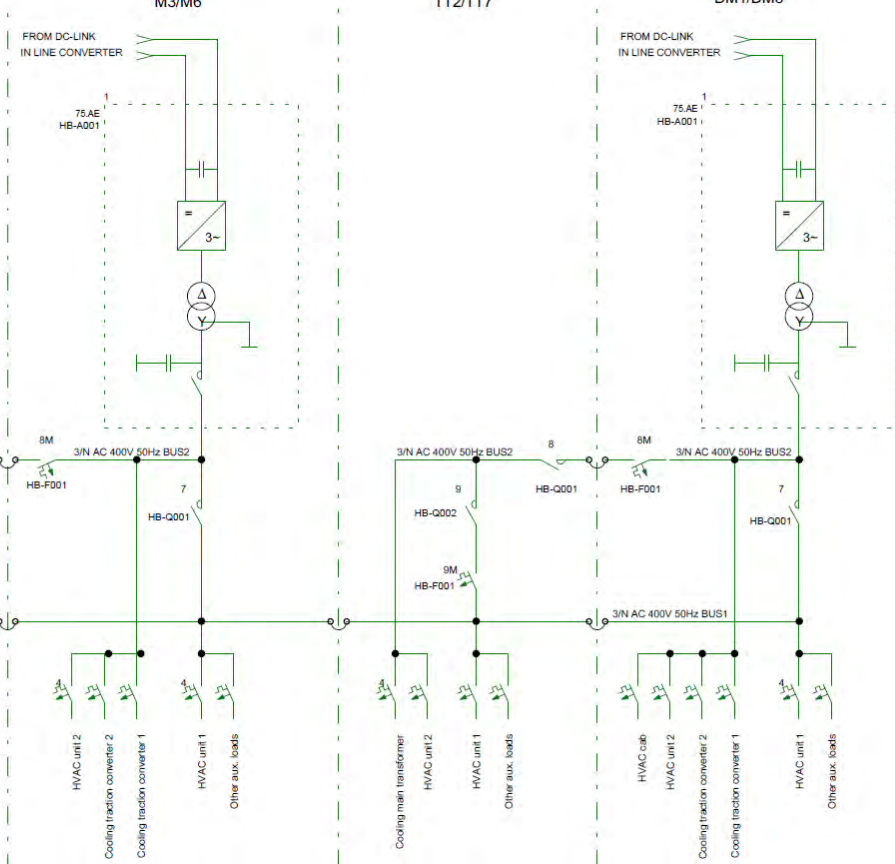
LEGEND

- 1 AUXILIARY CONVERTER [HB-A001],[75-AE]
- 2 EXTERNAL SUPPLY CONTACTORS [HB-Q094],[HB-Q095]
- 3 WORKSHOP EXT. SUPPLY, 3PENF1 400V 50HZ[HB-A004],[HB-A005]
- 4 CIRCUIT BREAKER
- 5 GROUNDING SWITCH [HB-A001]
- 6 BUS DISCONNECTOR CONTACTOR[HB-Q023]
- 7 CONTACTOR BUS1[HB-Q001]
- 8 CONTACTOR BUS2[HB-Q001]
- 9M CIRCUIT BREAKER BUS2[HB-F001]
- 9 CONTACTOR SEPARATION[HB-Q002]
- 9M CIRCUIT BREAKER SEPARATION[HB-F001]

M3/M6

TT2/TT7

DM1/DM8



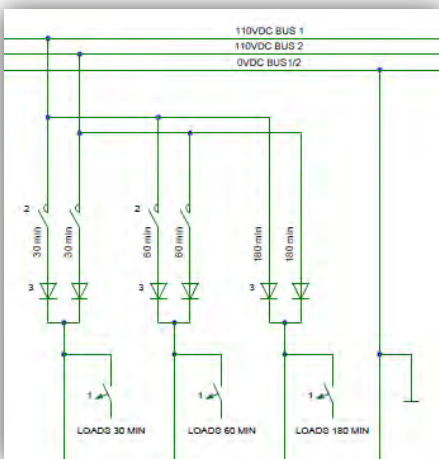
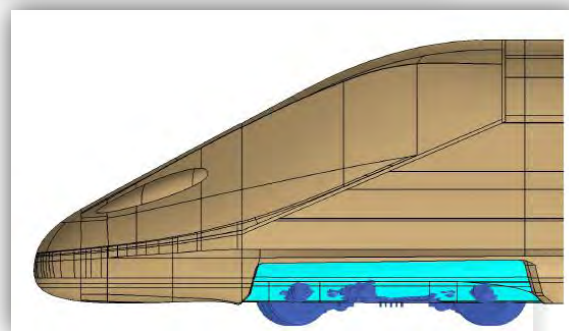
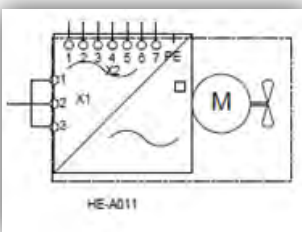
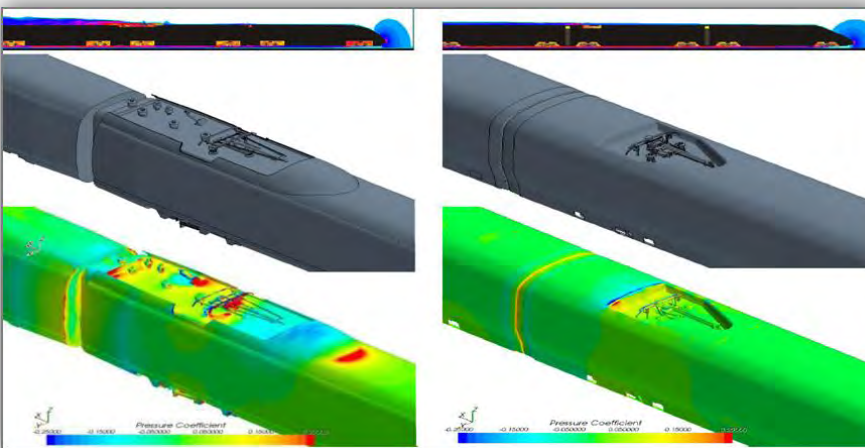
## Convertitori ausiliari (ACM):

- 4 ACM sincronizzati in parallelo
- 1 linea treno 400 V/50 Hz per alimentazione utenze monofase e trifase
- 2 linee (bus 1 e 2) per ogni coppia di vetture adiacenti
- Ricerca automatica corto circuito
- Gestione cadenzamento carichi MT
- Nessun degrado di prestazione fino a 2 ACM fuori servizio
- Gestione modalità mantenimento circuiti ausiliari (backup braking)
- Ventilazione motori mediante inverter dedicati

# Nuove soluzioni per l'efficienza energetica (ETR1000)

## Nuove soluzioni:

- Riduzione resistenza al moto (efficienza aerodinamica)
- Utilizzo illuminazione a led
- Elevato fattore di carico
- Utilizzo materiali isolanti con elevate prestazioni
- Sistemi di ventilazione a velocità variabile
- Più dell'85 % di materiali riciclabili
- 2 HVAC per comparto ad elevata efficienza (sensori CO2, differenti modalità operative)
- Disalimentazione utenze BT (linee carichi 30, 60, 180 minuti)
- Sistema di trazione ad elevata efficienza
- Backup braking



# Misuratore di energia (ETR1000)

## Energy Measurement System (EMS):

- Misura della potenza istantanea ogni secondo [kW]
- Integrazione nel tempo della potenza per calcolo energia [kWh]
- Calcolo separato energia assorbita e rigenerata per 3 kV DC e 25 kV AC)
- Accesso al meccanismo dei «Certificati Bianchi» (TEE)

Fleet	InumTrnComm	Vehicle	From	To	Route	IEnACPos	IEnACNeg	IEnACNet	IEnDCPos	IEnDCNeg	IEnDCNet
ETR1000	9709	etr1000cst021	2018-07-03 07:05:00	2018-07-03 07:11:59	TORINO PORTA NUOVA-TORINO PORTA SUSA	0	0	0	80,2127146	5,82112012	74,3915945
ETR1000	9709	etr1000cst021	2018-07-03 07:16:00	2018-07-03 08:03:59	TORINO PORTA SUSA-MILANO CENTRALE	2034,21686	201,323599	1832,89326	393,406576	40,1024467	353,304129
ETR1000	9709	etr1000cst021	2018-07-03 08:15:30	2018-07-03 08:51:29	MILANO CENTRALE-BRESCIA	863,371203	152,272489	711,098714	926,972352	130,93928	796,033072
ETR1000	9709	etr1000cst021	2018-07-03 08:53:00	2018-07-03 09:04:59	BRESCIA-DESENZANO DEL GARDA-SIRMIONE	0	0	0	472,307516	56,7885917	415,518924
ETR1000	9709	etr1000cst021	2018-07-03 09:08:30	2018-07-03 09:33:29	DESENZANO DEL GARDA-SIRMIONE-VERONA PORTA NUOVA	0	0	0	652,054599	138,599734	513,454865
ETR1000	9709	etr1000cst021	2018-07-03 09:36:00	2018-07-03 09:57:29	VERONA PORTA NUOVA-VICENZA	0	0	0	572,119624	60,9098145	511,209809
ETR1000	9709	etr1000cst021	2018-07-03 10:00:00	2018-07-03 10:12:29	VICENZA-PADOVA	0	0	0	445,056029	54,1604289	390,8956
ETR1000	9709	etr1000cst021	2018-07-03 10:15:00	2018-07-03 10:29:59	PADOVA-VENEZIA MESTRE	0	0	0	565,896799	54,5396166	511,357183
ETR1000	9709	etr1000cst021	2018-07-03 10:34:30	2018-07-03 10:40:59	VENEZIA MESTRE-VENEZIA S.LUCIA	0	0	0	176,543222	38,6366096	137,906612
ETR1000	9435	etr1000cst021	2018-07-03 14:25:00	2018-07-03 14:33:59	VENEZIA S.LUCIA-VENEZIA MESTRE	0	0	0	120,133358	11,6800018	108,453357
ETR1000	9435	etr1000cst021	2018-07-03 14:37:30	2018-07-03 14:52:29	VENEZIA MESTRE-PADOVA	0	0	0	659,561651	81,7814999	577,780151
ETR1000	9435	etr1000cst021	2018-07-03 14:56:00	2018-07-03 15:52:59	PADOVA-BOLOGNA C.LE/AV	0	0	0	2187,73004	253,187953	1934,54209
ETR1000	9435	etr1000cst021	2018-07-03 15:58:30	2018-07-03 16:42:59	BOLOGNA C.LE/AV-FIRENZE SANTA MARIA NOVELLA	2245,14991	686,339031	1558,81088	469,758713	32,4203447	437,338369
ETR1000	9435	etr1000cst021	2018-07-03 16:51:00	2018-07-03 18:13:59	FIRENZE SANTA MARIA NOVELLA-ROMA TIBURTINA	0	0	0	4561,42734	206,67585	4354,75149
ETR1000	9435	etr1000cst021	2018-07-03 18:17:00	2018-07-03 18:21:59	ROMA TIBURTINA-ROMA TERMINI	0	0	0	114,906707	3,35756413	111,549143
ETR1000	9450	etr1000cst021	2018-07-03 18:54:00	2018-07-03 19:00:59	ROMA TERMINI-ROMA TIBURTINA	0	0	0	79,7530571	29,2441639	50,5088932
ETR1000	9450	etr1000cst021	2018-07-03 19:06:00	2018-07-03 20:03:29	ROMA TIBURTINA-AREZZO	0	0	0	3885,63179	184,647585	3700,9842
ETR1000	9450	etr1000cst021	2018-07-03 20:05:30	2018-07-03 20:38:29	AREZZO-FIRENZE SANTA MARIA NOVELLA	0	0	0	1257,61964	122,865371	1134,75427
ETR1000	9450	etr1000cst021	2018-07-03 20:45:30	2018-07-03 21:18:29	FIRENZE SANTA MARIA NOVELLA-BOLOGNA C.LE/AV	1930,239	245,923254	1684,31574	262,684321	94,0098997	168,674421
ETR1000	9450	etr1000cst021	2018-07-03 21:26:00	2018-07-03 22:19:59	BOLOGNA C.LE/AV-PADOVA	0	0	0	1989,1428	148,058893	1841,08391
ETR1000	9450	etr1000cst021	2018-07-03 22:24:30	2018-07-03 22:36:59	PADOVA-VENEZIA MESTRE	0	0	0	548,339053	70,075345	478,263708
ETR1000	9450	etr1000cst021	2018-07-03 22:40:30	2018-07-03 22:47:59	VENEZIA MESTRE-VENEZIA S.LUCIA	0	0	0	176,74472	31,7142661	145,030453



# Confronto consumi energetici netti (ETR1000 vs ETR500)

CONSUMO IN kWh/treno\*km

- 25 ÷ 30%

- 5 ÷ 10% (\*)

(\*) rispetto al consumo di due ETR1000



## ETR 500

- Massa 600 t
- 574 posti
- Lunghezza treno 328 m
- 11 vetture



## ETR 1000

- Massa 500 t
- 471 posti
- Lunghezza treno 202 m
- 8 vetture



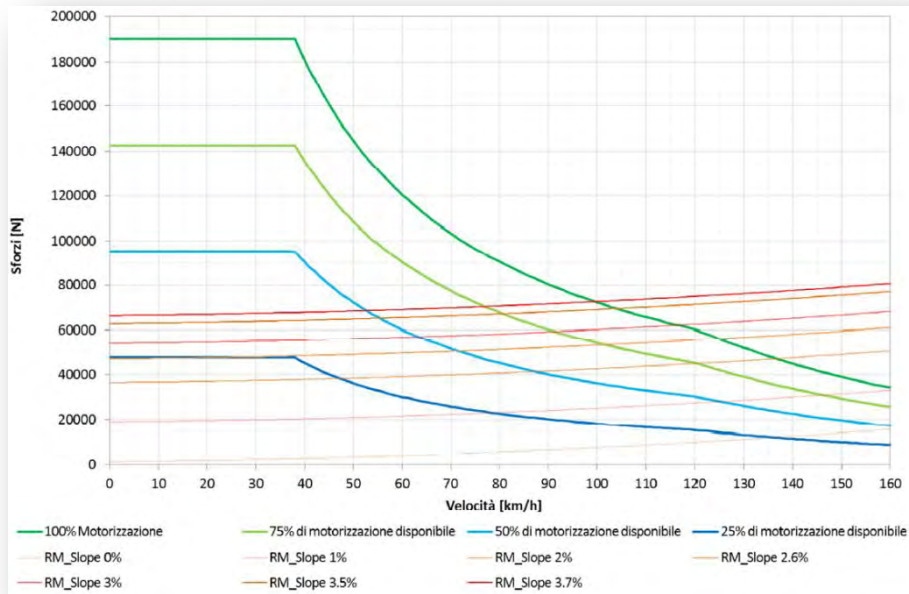
## Composizione *multipla* ETR 1000

- > 900 posti
- Lunghezza treno 404 m
- 16 vetture

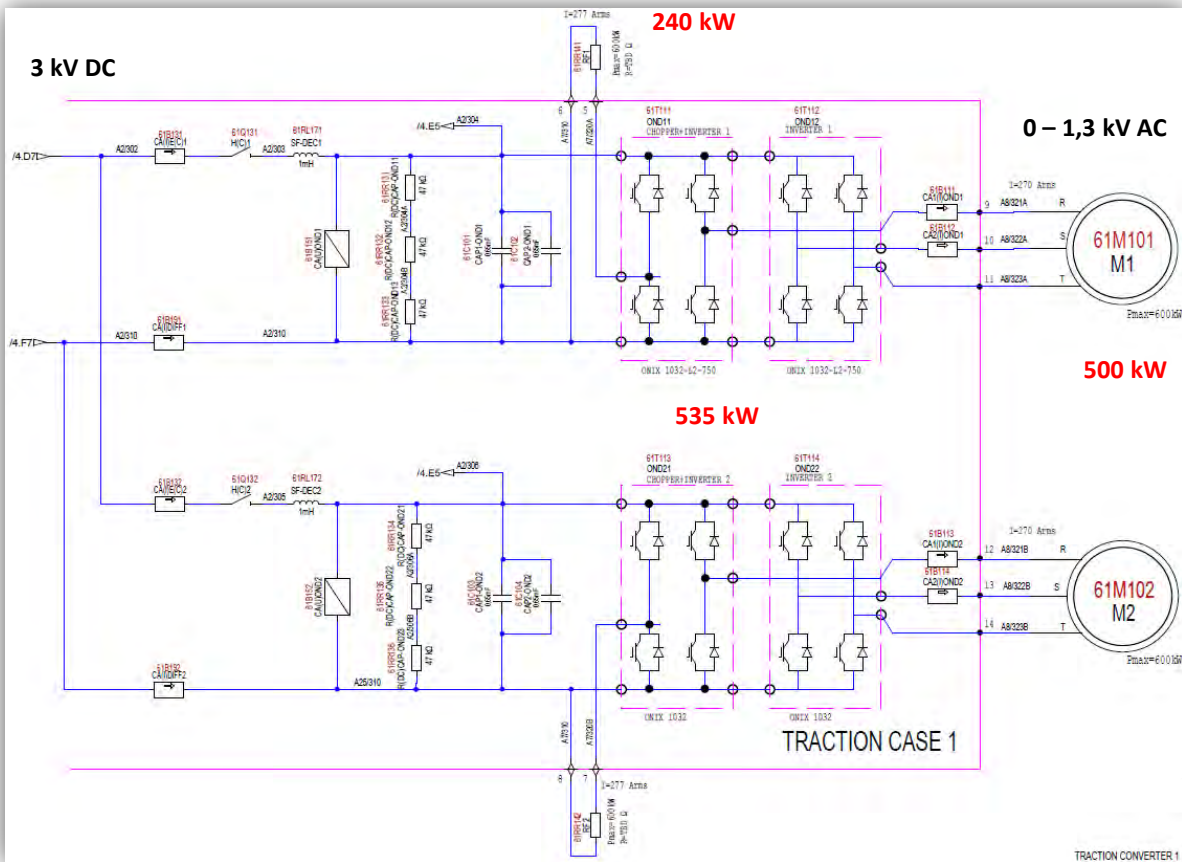
# Nuovi treni del trasporto regionale (POP)

## Caratteristiche principali:

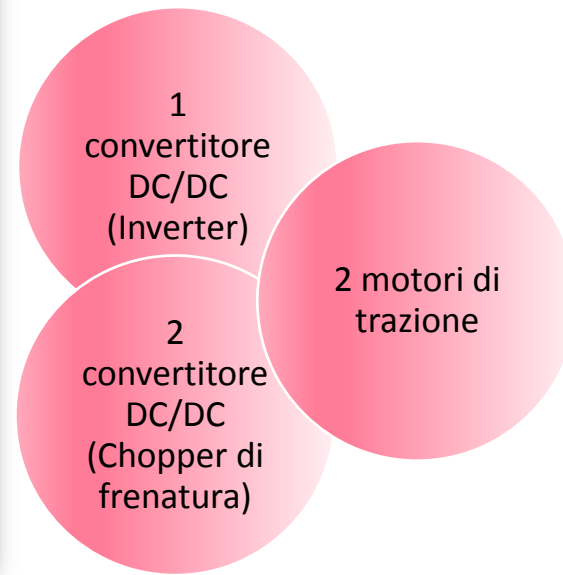
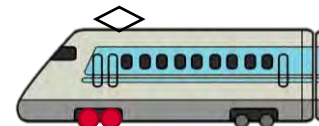
Flotta	150 Convogli
Composizione base	1 motrice 2 rimorciate 1 motrice
Massa totale a carico nominale	180 t
Assi motori (1carrello)	2 su veicolo motorizzato
Potenza massima alle ruote del convoglio	2000 kW
Potenza massima alle ruote di frenatura elettrica del convoglio	2400 kW
Velocità massima di esercizio	160 km/h
Azionamento ad IGBT	



# Nuovi treni del trasporto regionale (POP)



Architettura del sistema di trazione  
(1 carrello):

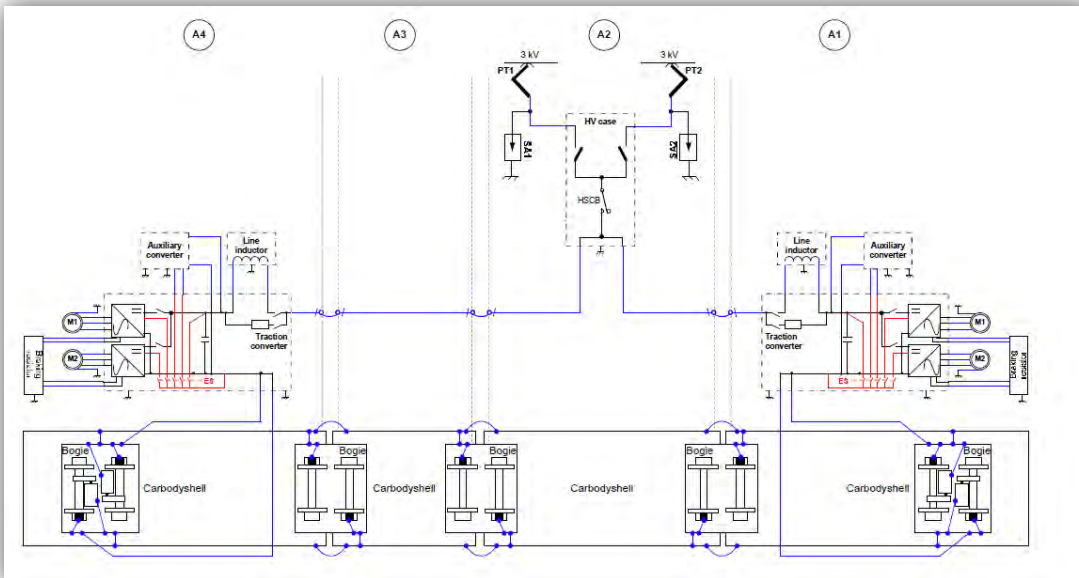


Rendimento dell'induttanza di filtro	$\eta_{ind}$	$P_{out\_ind} / P_{in\_ind}$	98.48	%
Rendimento dell'inverter di trazione	$\eta_{inv}$	$P_{out\_inv} / P_{in\_inv}$	99.65	%
Rendimento del motore di trazione	$\eta_{mot}$	$P_{out\_mot} / P_{out\_inv}$	95.75	%
Rendimento del riduttore	$\eta_{gear}$	$P_{wheel} / P_{out\_mot}$	98.01	%
Rendimento della catena di trazione	$\eta_{tot}$	$P_{w\_tot} / P_{panto}$	91.61	%

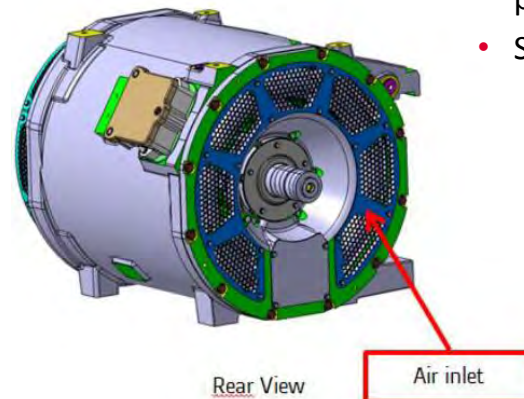
# Nuove soluzioni per l'efficienza energetica (POP)

## Nuove soluzioni:

- Riduzione del peso VOM (-7,4% rispetto al Comparable Hitachi)
- Massimizzazione dei volumi fruibili (+22,7% posti totali rispetto al Comparable Hitachi)
- Utilizzo di carrelli di tipo «Jakobs»
- Motori di trazione e reostati raffreddati con ventilazione naturale
- Sistema di trazione ad elevata efficienza (azionamento di trazione ad IGBT monostadio)
- Utilizzo di un solo ventilatore a velocità variabile per unità di trazione (raffreddamento convertitore)
- HVAC ad elevata efficienza (sensori CO2)
- Utilizzo illuminazione a led
- Elevato fattore di carico
- Utilizzo materiali isolanti con elevate prestazioni
- Smart Parking



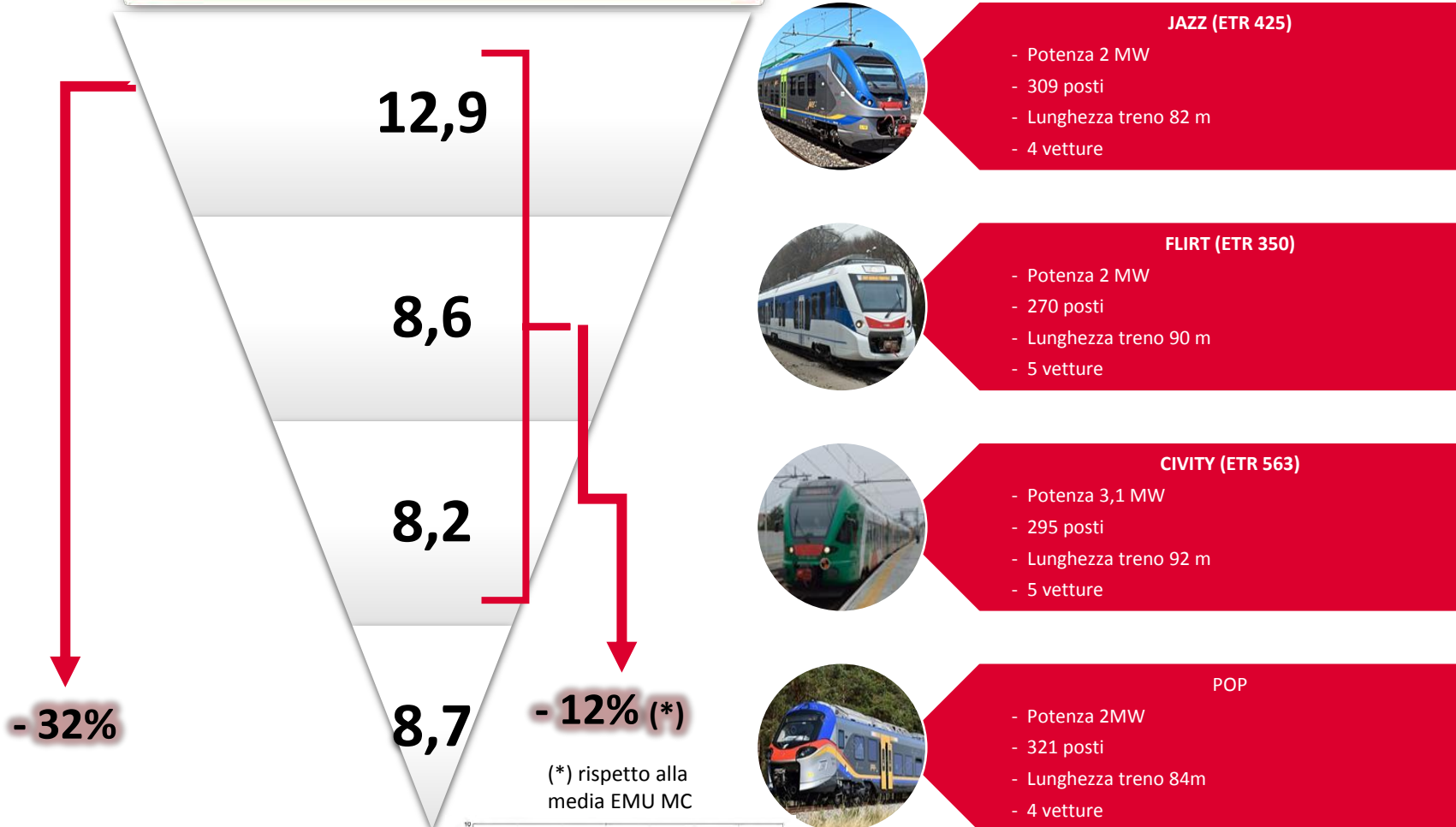
MODO DI FUNZIONAMENTO			
READY (PARKING)	PARKING ECO-CLEAN	PARKING ECO	PARKING ECO-PLUS





# Confronto consumi energetici netti simulati (POP vs mercato EMU Media Capacità)

CONSUMO IN Wh/passeggero\*km



- JAZZ (ETR 425)**
- Potenza 2 MW
  - 309 posti
  - Lunghezza treno 82 m
  - 4 vetture



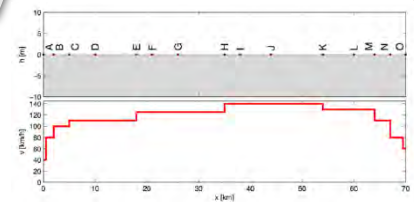
- FLIRT (ETR 350)**
- Potenza 2 MW
  - 270 posti
  - Lunghezza treno 90 m
  - 5 vetture



- CIVITY (ETR 563)**
- Potenza 3,1 MW
  - 295 posti
  - Lunghezza treno 92 m
  - 5 vetture



- POP**
- Potenza 2MW
  - 321 posti
  - Lunghezza treno 84m
  - 4 vetture

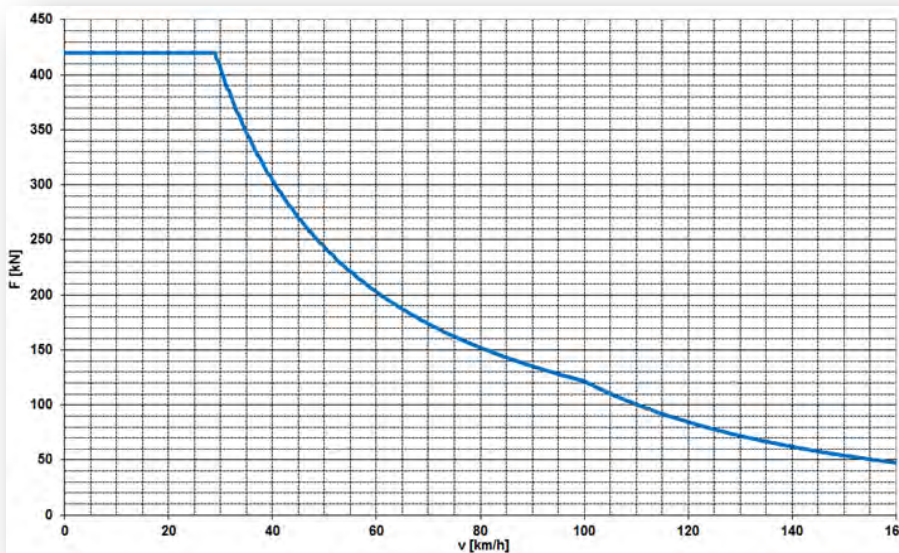




# Nuovi treni del trasporto regionale (ROCK)

## Caratteristiche principali:

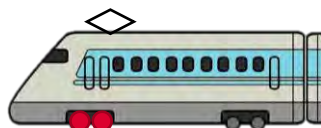
Flotta	300 Convogli
Composizione base	1 motrice 3 rimorciate 1 motrice
Massa totale a carico nominale	330 t
Assi motori (2carrelli)	4 su veicolo motorizzato
Potenza massima alle ruote del convoglio	3400 kW
Potenza massima alle ruote di frenatura elettrica del convoglio	3800 kW
Velocità massima di esercizio	160 km/h
Azionamento ad IGBT	



# Nuovi treni del trasporto regionale (ROCK)

## Architettura del sistema di trazione

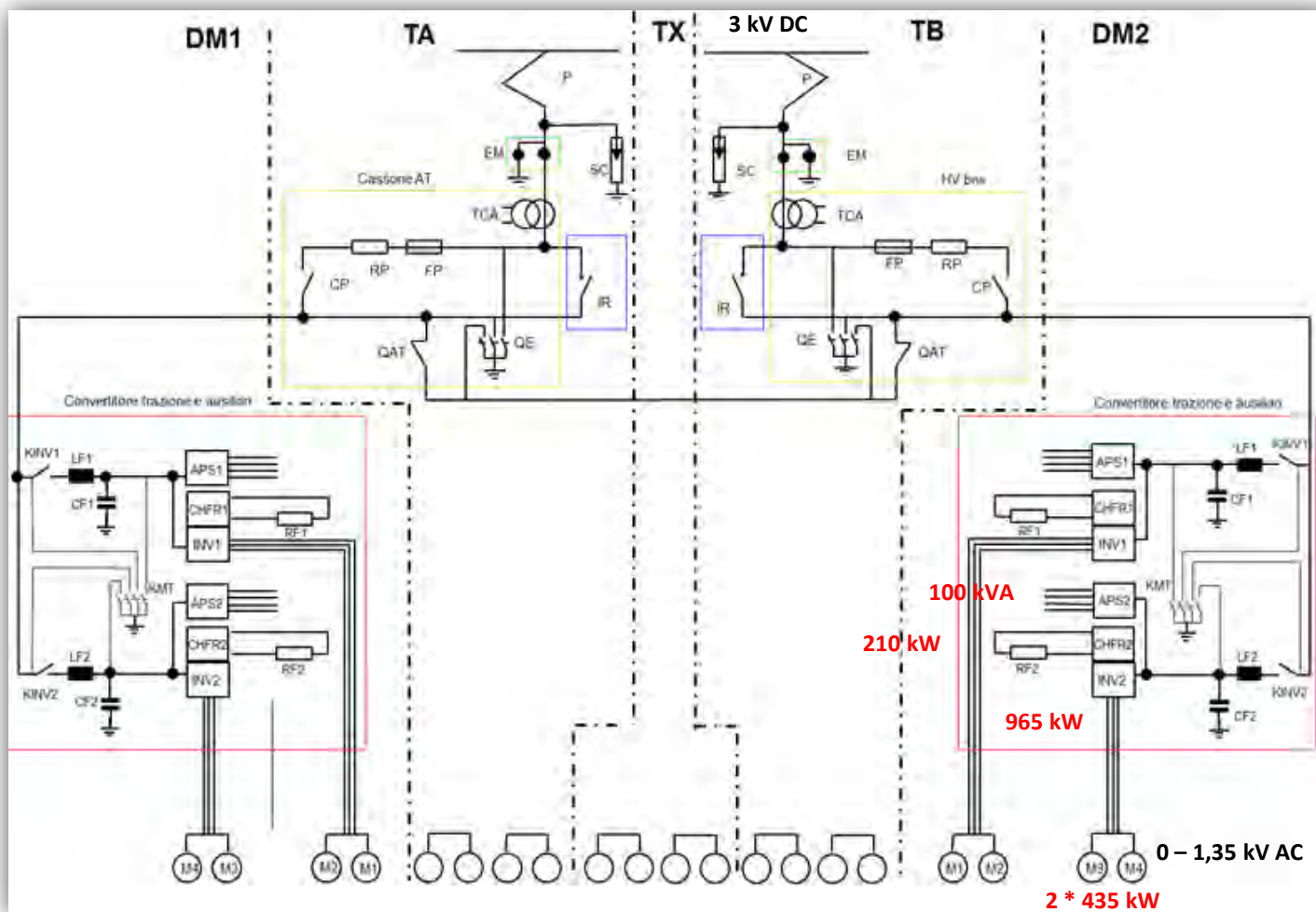
(1 carrello):



1 convertitore DC/AC (Inverter)

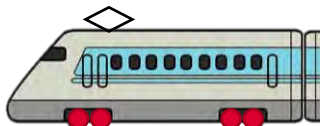
1 convertitore DC/DC (Chopper di frenatura)

2 motori di trazione



# Nuovi treni del trasporto regionale (ROCK)

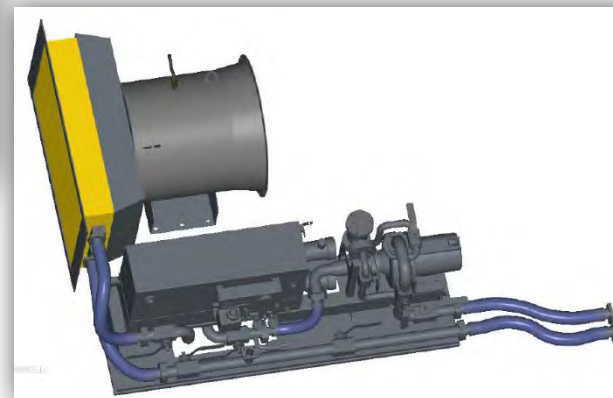
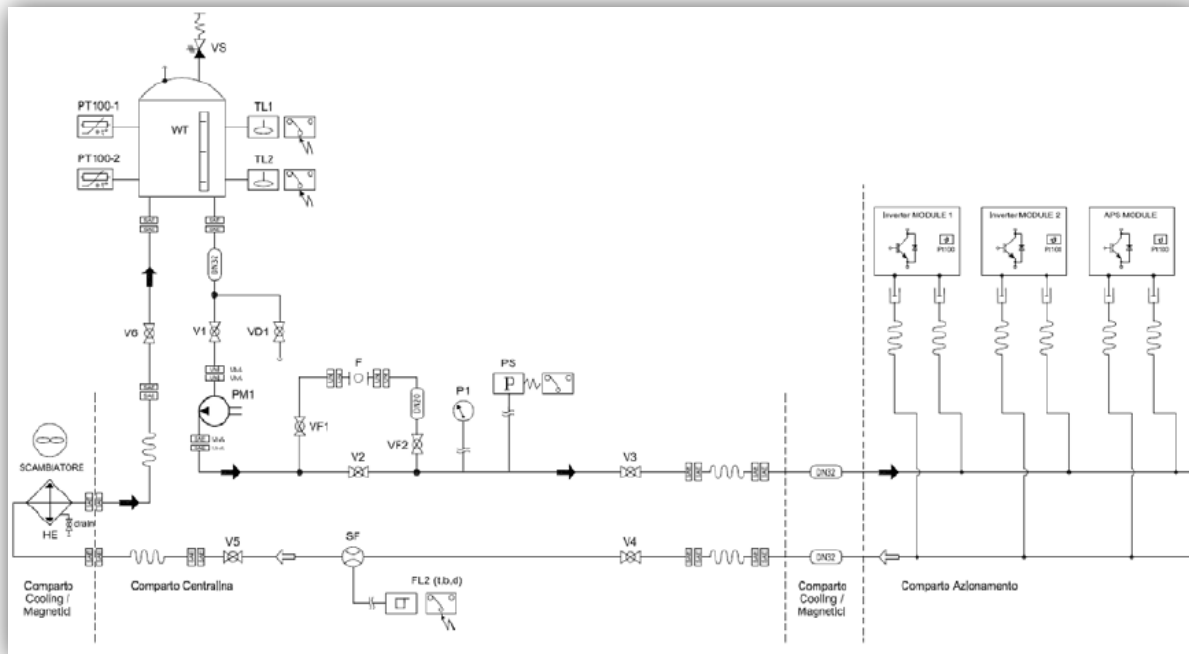
Sistema di raffreddamento del convertitore (1 vettura – 2 carrelli):



1  
motoventilatore  
a velocità  
variabile (3 kW –  
2 metri  
cubi/secondo)

1 scambiatore di  
calore acqua-aria  
per  
raffreddamento  
convertitori (32  
kW)

1 pompa acqua  
(90 litri/minuto)

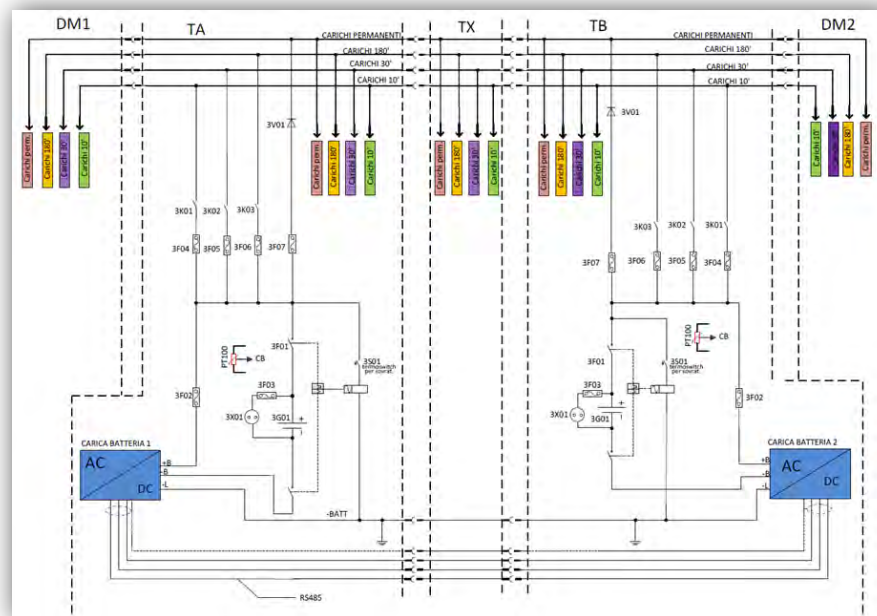
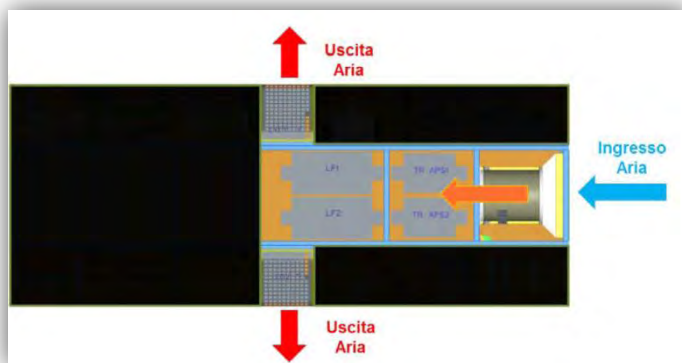
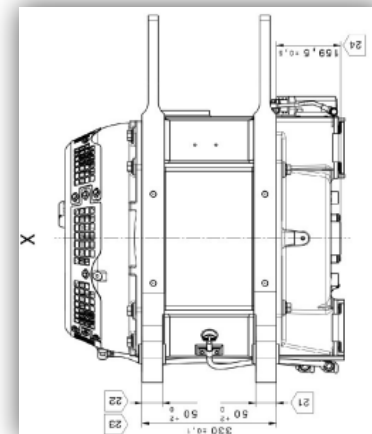
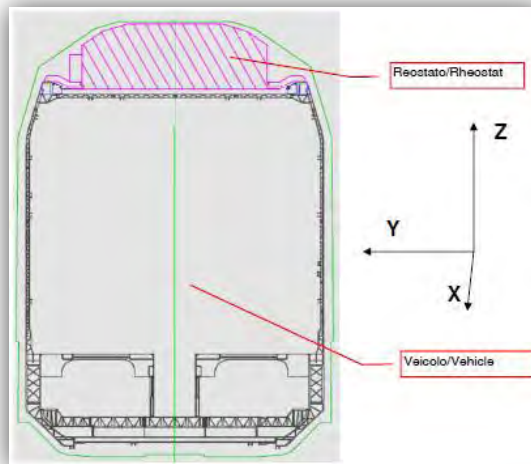


# Nuove soluzioni per l'efficienza energetica(ROCK)



## Nuove soluzioni:

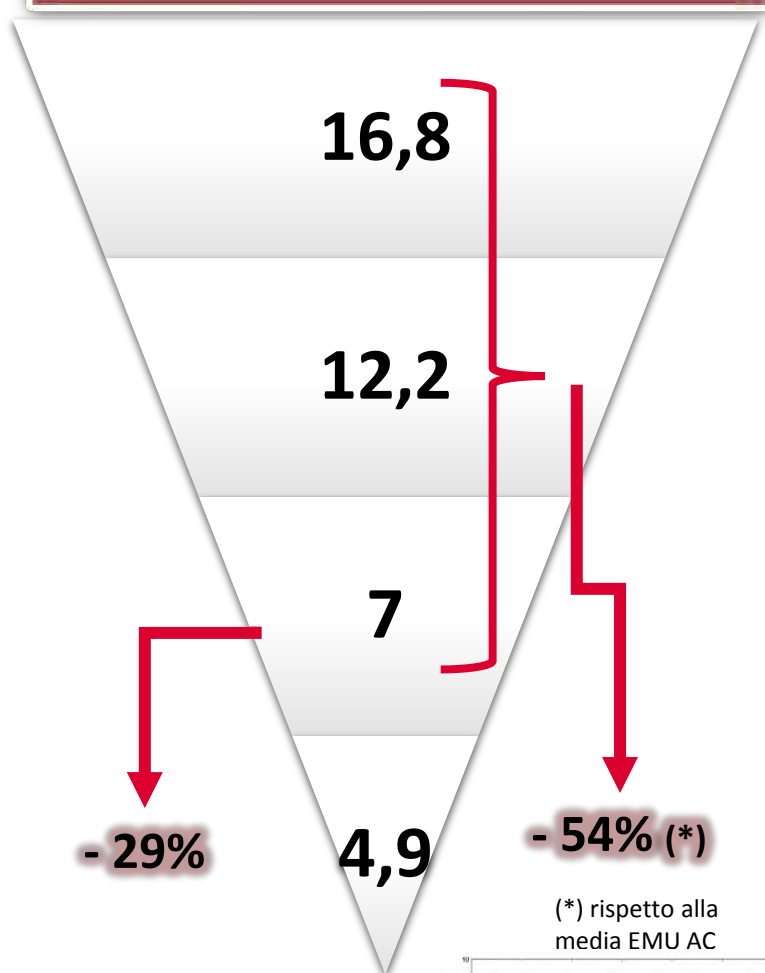
- Miglior rapporto massa/posto (-9,6% rispetto al Jazz) anche grazie all'utilizzo di alluminio per la realizzazione della struttura principale delle casse
- Motori di trazione, induttanze e reostati raffreddati con ventilazione naturale
- Miglioramento della caratteristica di coppia
- Disalimentazione utenze BT (linee carichi 10, 30, 180 minuti)
- Sistema di trazione ad elevata efficienza (inverter di trazione ad IGBT monostadio)
- Utilizzo di un solo ventilatore a velocità variabile per unità di trazione (raffreddamento convertitore)
- Elevato fattore di carico
- Utilizzo materiali isolanti con elevate prestazioni
- Smart Parking





# Confronto consumi energetici netti simulati (ROCK vs mercato EMU Alta Capacità)

CONSUMO IN Wh/passeggero\*km



**E464 + 5 NCDP**

- Potenza 3 MW
- 630 posti
- Lunghezza treno 146 m
- 5 vetture



**JAZZ (ETR 526)**

- Potenza 2 MW
- 302 posti
- Lunghezza treno 97 m
- 5 vetture



**TSR (Ale 711/710)**

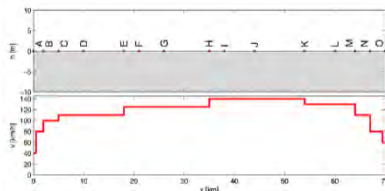
- Potenza 2,7 MW
- 438 posti
- Lunghezza treno 104 m
- 4 vetture



**ROCK**

- Potenza 3,4 MW
- 321 posti
- Lunghezza treno 84 m
- 5 vetture

(\*) rispetto alla media EMU AC





# Confronto consumi energetici (ROCK vs baseline di riferimento corretta)

## IPOTESI DI SIMULAZIONE

- Recupero completo energia di frenatura
- Profilo di guida finalizzato a minimizzare i consumi
- HVAC spenti

## ESERCIZIO REALE

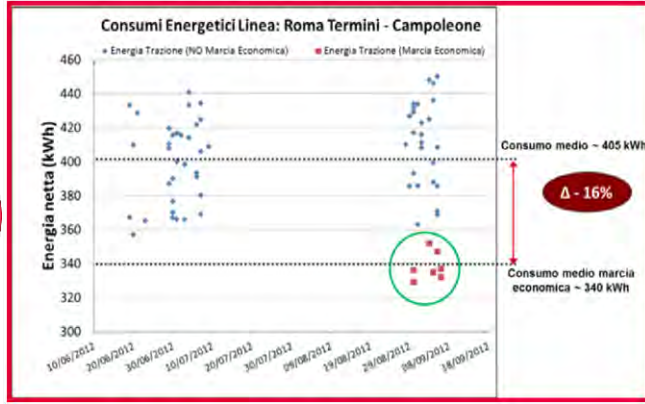
### PARZIALE RECUPERO ENERGIA FRENATURA

### HVAC ACCESI

### PROFILO DI GUIDA (PDC - TRAFFICO)

Treni comparabili da offerte		EMU AC BT (E464+5DP)
Energia assorbita da simulazione	kWh	1313
Percorrenza tratta di simulazione	min	70
Assorbimento medio HVAC	kW	165,1
Stima consumo HVAC su tratta simulata	kWh	192,7
<b>Stima quota EneAux su EneAss</b>	<b>%</b>	<b>12,8%</b>

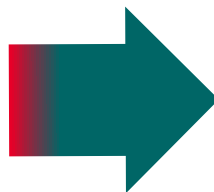
Loco	Esercizio		
	En. Assorbita [kWh]	En. Recuperata [kWh]	% Recuperata su Assorbita [%]
349	24.139	-2.491	-10,3%
708	45.033	-3.173	-7,0%
660	31.794	-3.344	-10,5%
213	56.647	-5.074	-9,0%
155	78.521	-11.365	-14,5%
692	26.242	-2.794	-10,6%
159	96.923	-8.158	-8,4%
330	19.940	-847	-4,2%
185	25.849	-1.752	-6,8%
<b>Totale 9 loco</b>	<b>405.089</b>	<b>-38.997</b>	<b>-9,6%</b>



# Riduzione dei consumi energetici in PARKING

## MODALITA' PARKING

- Utilizzata nelle stazioni terminali per operazioni di cambio banco
- Utilizzata durante le ore notturne per garantire la carica delle batterie ed una adeguata climatizzazione a bordo
- Utilizzata durante le operazioni di pulizia



## MODALITA' SMART PARKING

- Ready
- Parking Eco-Clean
- Parking Eco
- Parking Eco-Plus

- 40 %   - 53 %   - 90 %

13 % rispetto  
alla potenza  
totale assorbita



15 % rispetto  
alla potenza  
totale assorbita



Differenti modalità  
operative con  
riduzione dei  
consumi fino al 90  
%

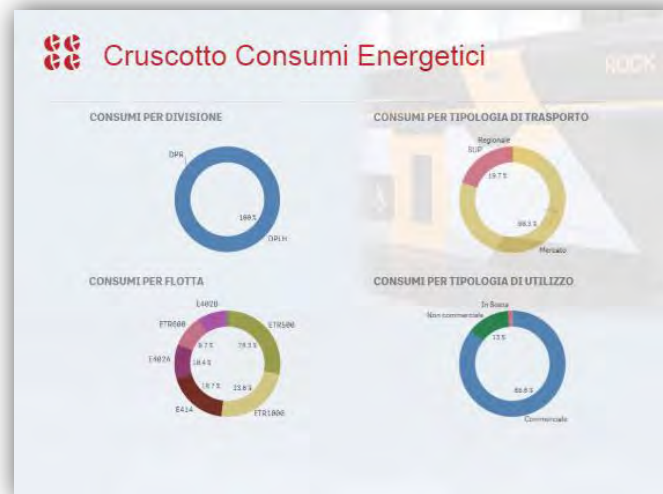


SISTEMA	MODO DI FUNZIONAMENTO			
	READY (PARKING) 	PARKING ECO-CLEAN 	PARKING ECO 	PARKING ECO-PLUS 
TCMS	Attivo	Attivo	Attivo	Attivo
LV	Disponibile	Disponibile	Disponibile	Disponibile
MV	Disponibile	Disponibile	Disponibile	Disponibile
HV	Disponibile	Disponibile	Disponibile	Disponibile
Trazione elettrica-ventilazione	Attiva ma non disponibile, velocità del fan ridotta	Attiva ma non disponibile, velocità del fan ridotta	Attiva ma non disponibile, velocità del fan ridotta	Attiva ma non disponibile, velocità del fan ridotta
Convertitori ausiliari	Attivi entrambi i convertitori	Attivi entrambi i convertitori	Attivi entrambi i convertitori	Attivi entrambi i convertitori
Compressori Produzione aria	Entrambi attivi	Attivo un solo compressore	Attivo un solo compressore	Attivo un solo compressore
Radio	Attivo	Attivo	Attivo	Attivo
Segnalamento (SCMT)	Inattivo	Inattivo	Inattivo	Inattivo
Illuminazione esterna	Attivo	Attivo	Attivo	Attivo
Illuminazione interna	Attivo	Attivo	Parzialmente attivo 50%	Inattivo
Porte esterne	Attivo	Attivo	Attivo	Attivo
Toilets	Attivo	Attivo	Attivo	Inattivo
Condizionamento aria (HVAC)	Attivo	Attivo in modalità a consumo ridotto	Attivo in modalità a consumo ridotto	Inattivo
Protezione antincendio	Attivo	Attivo	Attivo	Attivo
PACIS and CCTV	Attivo	Attivo in modalità a consumo ridotto	Attivo in modalità a consumo ridotto	Attivo in modalità a consumo ridotto
Intranet	Attivo	Inattivo	Attivo	Inattivo
Prese 230V + USB	Attivo	Attivo	Inattivo	Inattivo

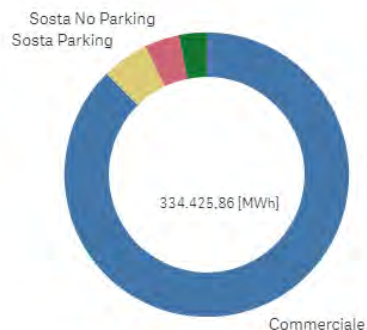
# Cruscotti dei consumi energetici

## Tipologie di cruscotti:

- Consumi per Divisione [MWh]
- Consumi per flotta [MWh]
- Consumi per numero treno [kWh/treno\*km]
- Consumi per tipologia di utilizzo [MWh]
- Incidenze dei ritardi
- Energia netta



## CONSUMI PER TIPOLOGIA DI UTILIZZO



## Consumi Treno n° 6999 in data 08/07/2018 - ANCONA - S.BENEDETTO DEL TRONTO

Benvenuto 2943427

Flotta	Rotabile	Treno	Linea	Tratta	Tipo Trasporto	Tipo Utilizzo	Tipo Trazione	Anno	Tipo Treno	Data					
E464471	6999	S.ILPILIO - PORTO S. GIORGIO - FERMO	08/07/2018	08/07/2018	18:27:38	18:31:38	71,97	89,69	15,63	89,69	15,63	0,00	0,00	9,10	8,13
E464471	6999	PORTO S. GIORGIO - FERMO - FIDASSO	08/07/2018	08/07/2018	16:33:30	16:38:00	88,56	94,69	6,13	94,69	6,13	0,00	0,00	18,24	8,65
E464471	6999	FIDASSO - CUPRAMARITTIMI - GROTTAMMARE	08/07/2018	08/07/2018	10:14:30	10:43:30	97,97	108,63	10,66	108,63	10,66	0,00	0,00	8,05	12,17
E464471	6999	GROTTAMMARE - S. BENEDETTO DEL TRONTO	08/07/2018	08/07/2018	19:45:38	19:48:38	10,86	53,64	13,76	53,64	13,76	0,00	0,00	3,30	11,78
E464471	6999	S. BENEDETTO DEL TRONTO	08/07/2018	08/07/2018	10:46:30	10:52:10	3,88	9,47	5,61	9,47	5,61	0,00	0,00	4,52	9,85

## Consumi Treno n° 6999 in data 08/07/2018 - ANCONA - S.BENEDETTO DEL TRONTO



# Capisaldi dell'evoluzione dei sistemi di trazione

RIDUZIONE DEI  
CONSUMI  
ENERGETICI

AUMENTO DELLA  
DISPONIBILITA'  
DEI ROTABILI

OTTIMIZZAZIONE  
DEI PROCESSI  
MANUTENTIVI

ADEGUAMENTO TECNOLOGICO CONVERTITORI (IGBT) E ANNESSI  
SISTEMI DI RAFFREDDAMENTO

NUOVI MATERIALI (RIDUZIONE DEI PESI/VOLUMI, MIGLIORI PROPRIETA' FISICHE)  
MIGLIORI PROFILI AERODINAMICI

OTTIMIZZAZIONE DELLA GESTIONE DEI CARICHI AUSILIARI

ARCHITETTURE DI TRAZIONE, AUSILIARI, COMANDO E CONTROLLO  
RIDONDATE

OTTIMIZZAZIONE DELLA GESTIONE DEI GUASTI

MONITORAGGIO REMOTO CONTINUO (TELEDIAGNOSTICA)

MIGLIORAMENTO DELLA SENSORISTICA DI BORDO

MANUTENZIONE «ON CONDITION» (CBM)

PROGETTAZIONE ORIENTATA ALLA MIGLIORE MANUTENIBILITA' DEGLI  
APPARATI

*Grazie per l'attenzione!*

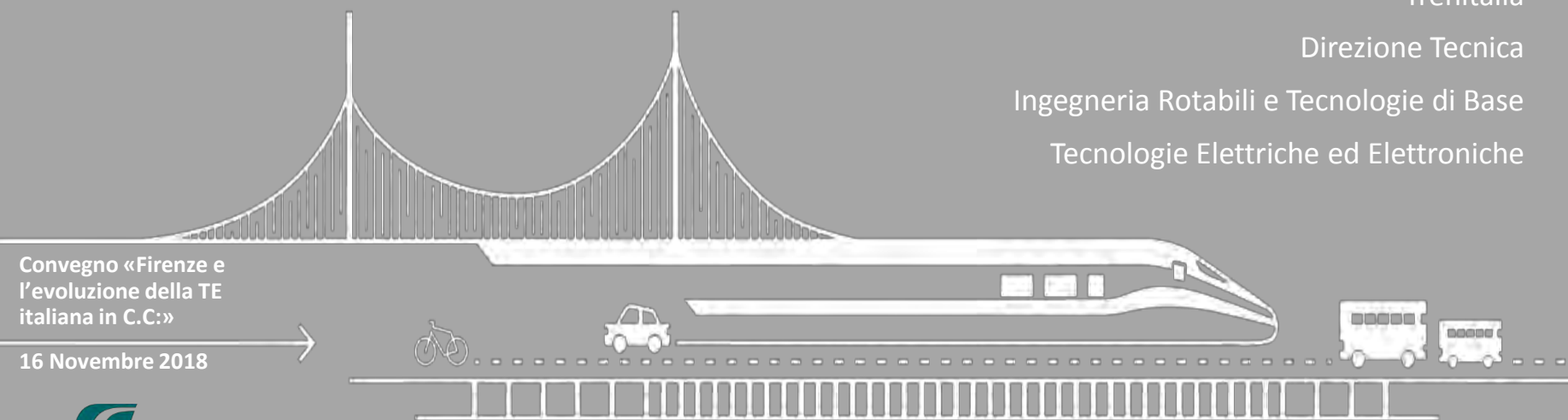
**Alfredo Biancucci**

Trenitalia

Direzione Tecnica

Ingegneria Rotabili e Tecnologie di Base

Tecnologie Elettriche ed Elettroniche



Convegno «Firenze e l'evoluzione della TE italiana in C.C.»

16 Novembre 2018