

*Aggiornamento sulle caratteristiche tecniche delle trattrici, delle macchine  
per la protezione delle colture e delle macchine  
per la minima lavorazione del terreno.*

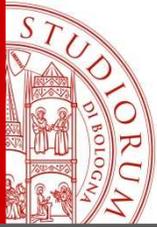
**14 giugno 2016**

*Sede Unindustria Bologna – Via San Domenico, 4*



# Il trattore, tra novità e prospettive

Prof. Ing. Giovanni Molari



← → http://www.gioannimolari.it/ | giovannimolari.it - Home x

**GIOVANNI MOLARI** Home Curriculum Research Didattica Papers Projects Opportunities Avvisi Do

Rubrica Unibo | Rubrica Unimore | ESSE3 | Almaesami | UGOV | Valutazioni studenti | Val. Ric. | COFIN

---

GIOVANNI MOLARI



**Professore ordinario - Full professor**

*Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-alimentari - DISTAL*  
Università di Bologna - Viale Fanin 50, 40127 Bologna  
Tel. 051 2096191 | Cel. 320 6134301 | Fax. 051 2096178 | Email: giovanni.molari@unibo.it

Editor in chief Journal of Agricultural Engineering (JAE)

---

ATTIVITÀ DIDATTICA

<p><b>Elementi di meccanica agraria [6 CFU]</b></p> <p>L Tecnologie agrarie, Scuola di Agraria e Medicina Veterinaria, UniBO</p>	<p><b>Macchine motrici agricole [6 CFU]</b></p> <p>LM Ingegneria del Veicolo, Dipartimento di Ingegneria, UniMO (Corso a libera scelta può essere scelto anche da studenti iscritti ad altri corsi ...)</p>
<p><b>Fisica [6(3) CFU]</b></p> <p>L Scienze del territorio e dell'ambiente agro-forestale (6 CFU), Tecnologie agrarie (6 CFU), Produzioni animali e controllo</p>	<p><b>Meccanica e meccanizzazione agro-forestale [8 CFU]</b></p> <p>Scienze del territorio e dell'ambiente agro-forestale, Scuola di</p>

Università di Bologna | Università di Modena | Scuola di Agraria | Distal | Ingegneria Unimore | Sitemap | Privacy & Cookies

https://www.osservatoriostatistico.unibo.it/



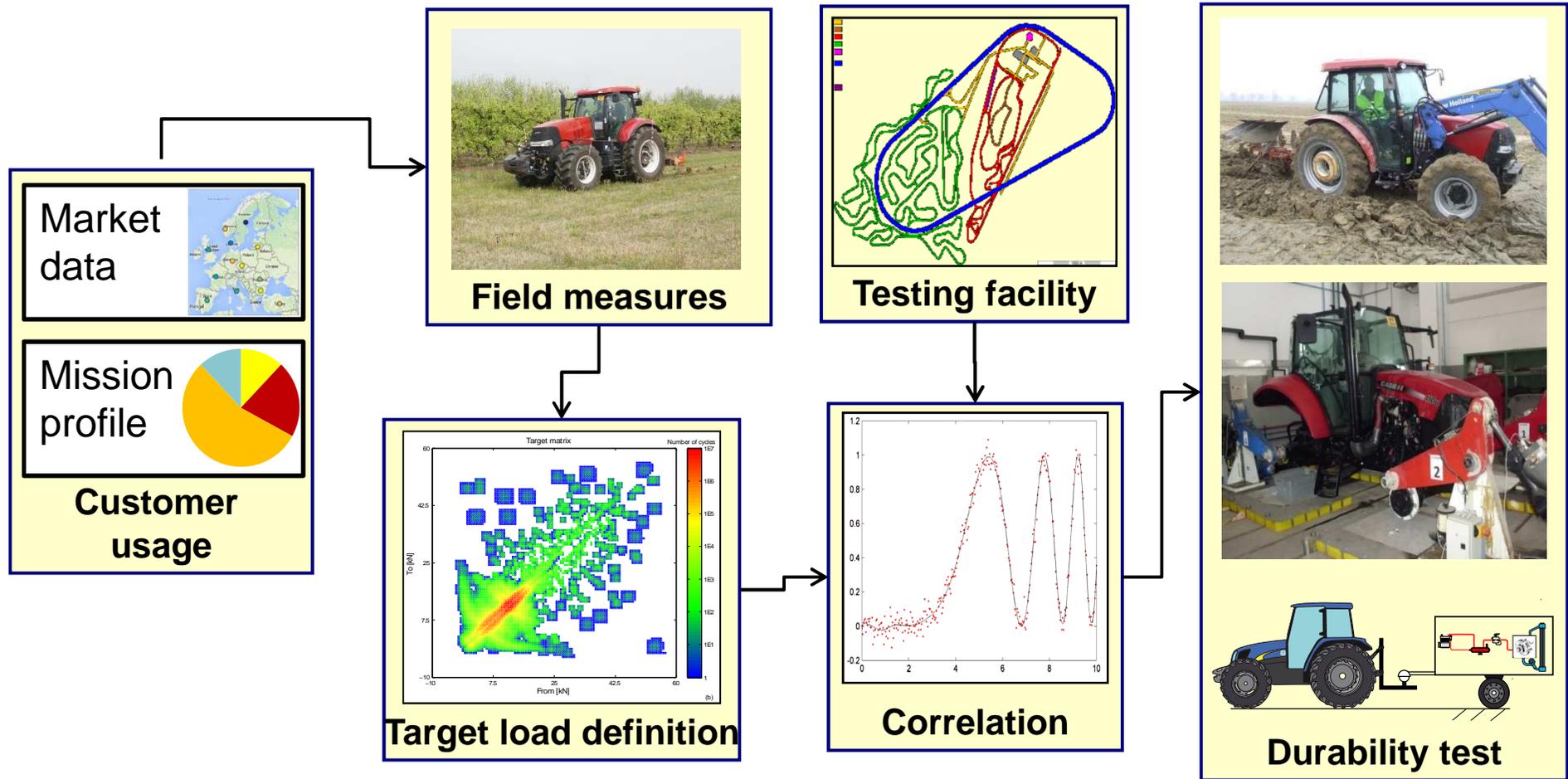
## PRINCIPALI LINEE DI RICERCA

---

- *Progetto di test di durata su trattoria agricoli*
- *Metodi per il dimensionamento e la verifica di trasmissioni per trattori*
- *Uso di droni e robot per l'agricoltura di precisione*
- *Valutazione delle prestazioni di macchine per la lavorazione del terreno*

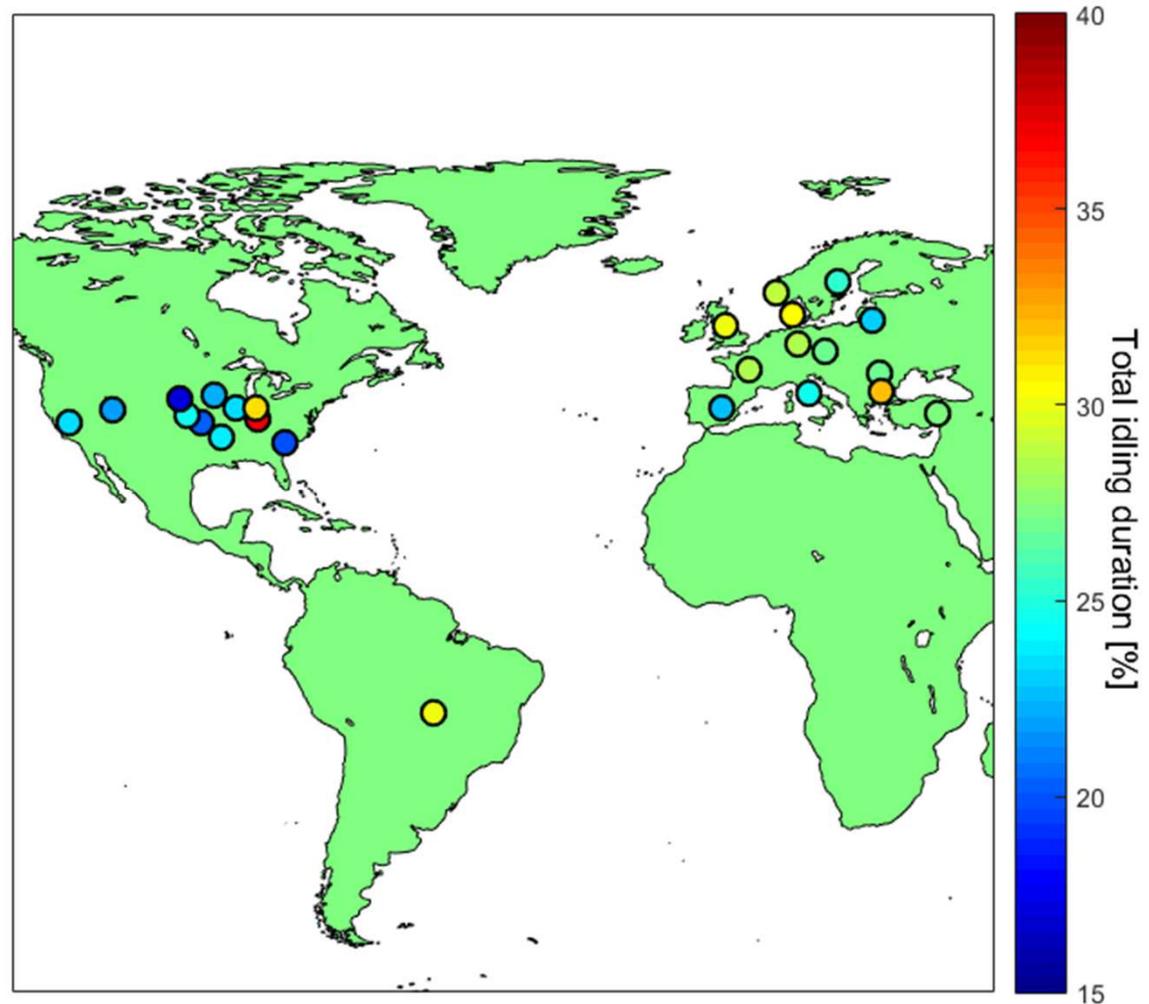


# Definizione di targhet di progetto per trattori



## Definizione del profilo di missione di trattori

- Il profilo di missione è una descrizione sintetica dell'utilizzo di una macchina.
- Il profilo di missione è definito a partire da questionari e misure su ampia scala opportunamente analizzate.



# Progetto di test di durata

*Service loads*



*Durability test*

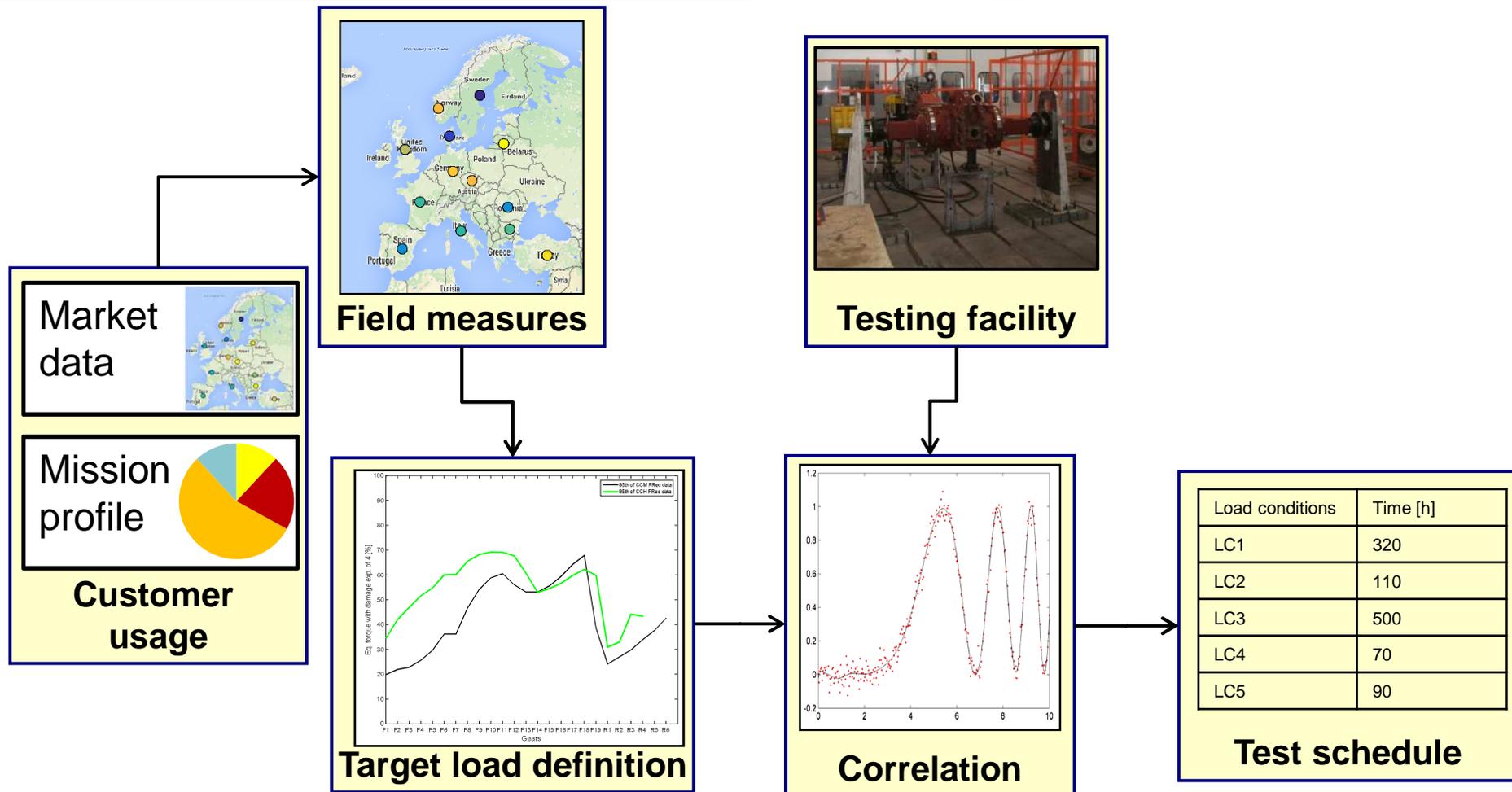


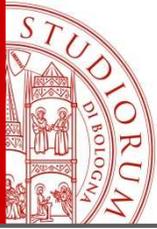
*Proving grounds*



*4 post rig*

# Dimensionamento trasmissioni





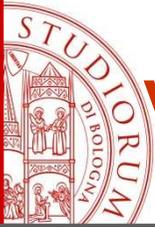
# Uso di droni e rover per agricoltura di precisione

Da piccoli trattori a grandi trattori

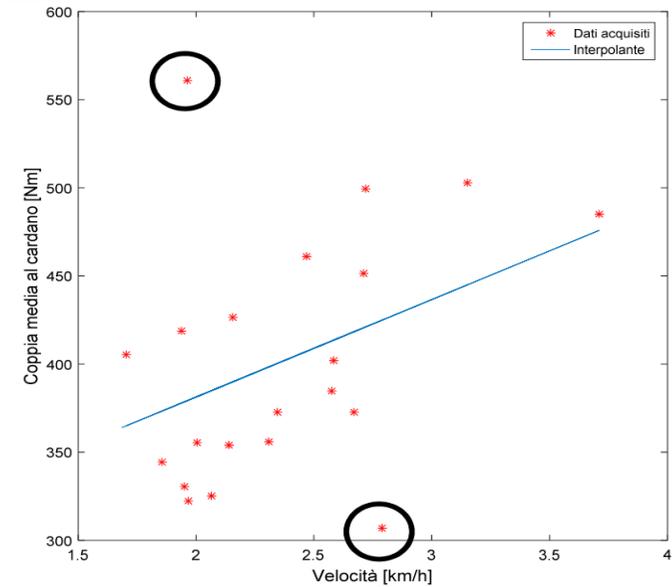


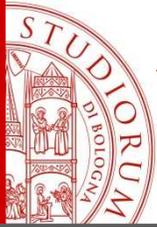
Da pochi grandi trattori ad un numero elevato di piccoli veicoli?





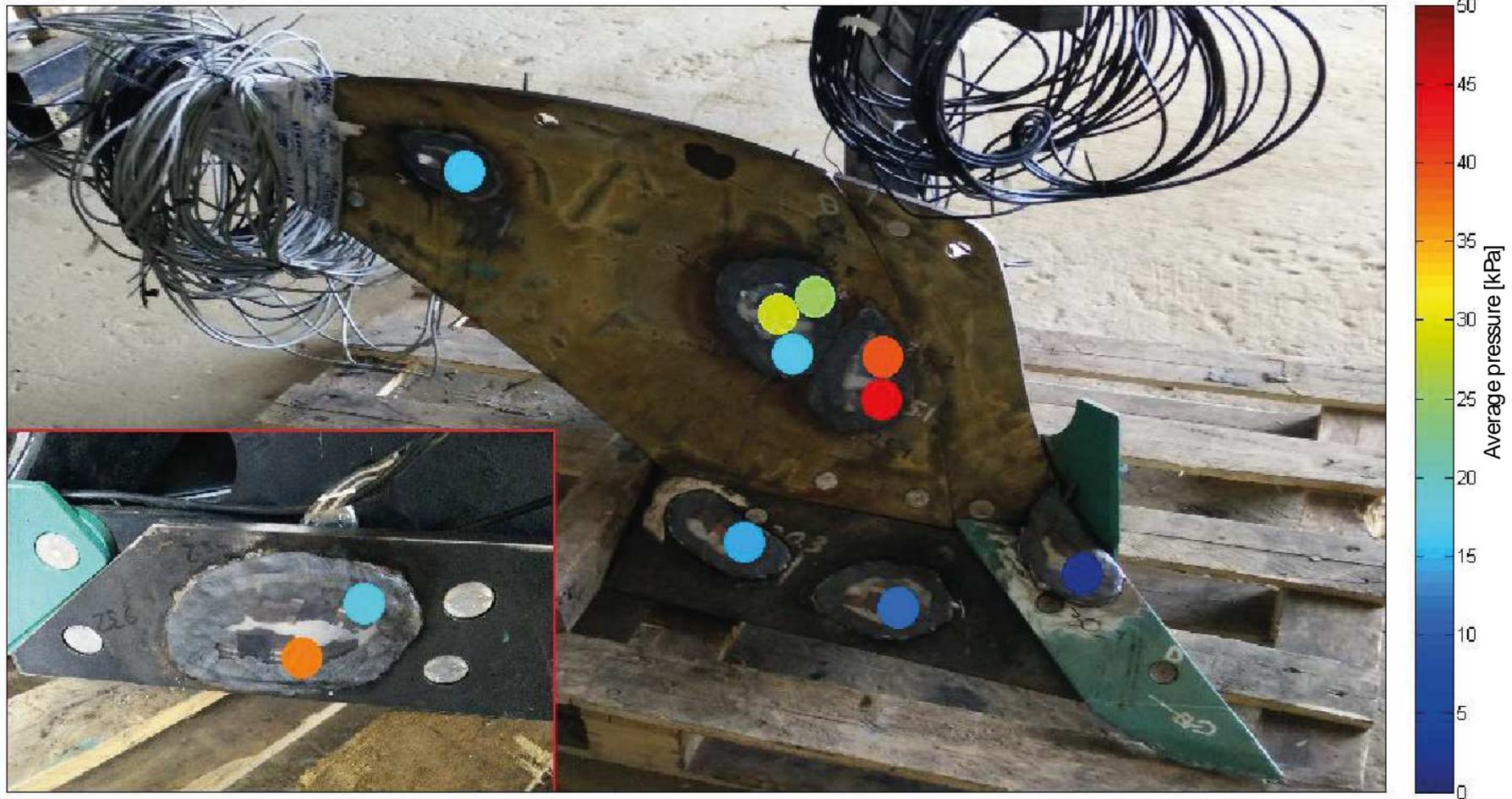
# Valutazione macchine per la lavorazione del terreno





# Valutazione macchine per la lavorazione del terreno

Ploughing depth 40cm, vehicle speed 6 km/h





# Principali settori di sviluppo

---

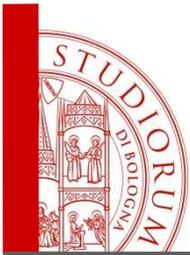
- Motori ed emissioni
- Cambi
- Cabine, ROPS, FOPS, vibrazioni
- Sterzo e Freni
- Organi di trazione e pneumatici
- CAN BUS E ISO BUS
- Elettificazione
- Localizzazione e gestione flotta



# Motori

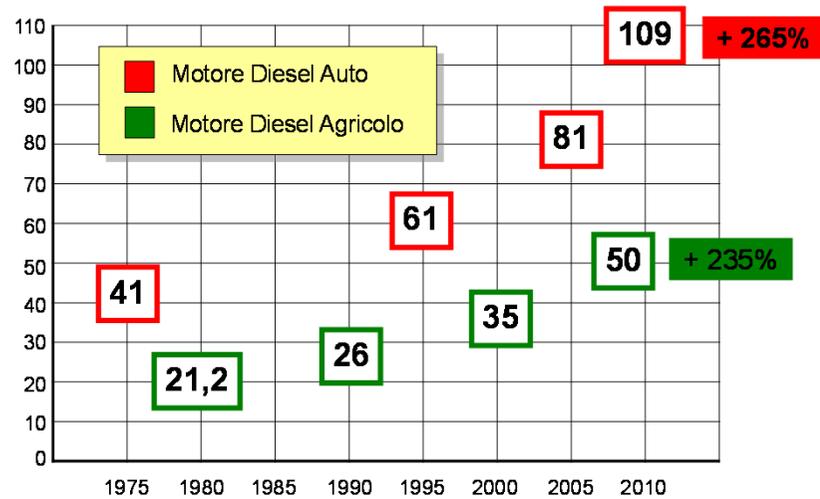
---

- Evoluzione di potenza coppia e consumi
- Modifiche alle curve caratteristiche
- Centraline e logiche controllo
- Riduzione emissioni
  - EGR
  - FAP
  - SCR

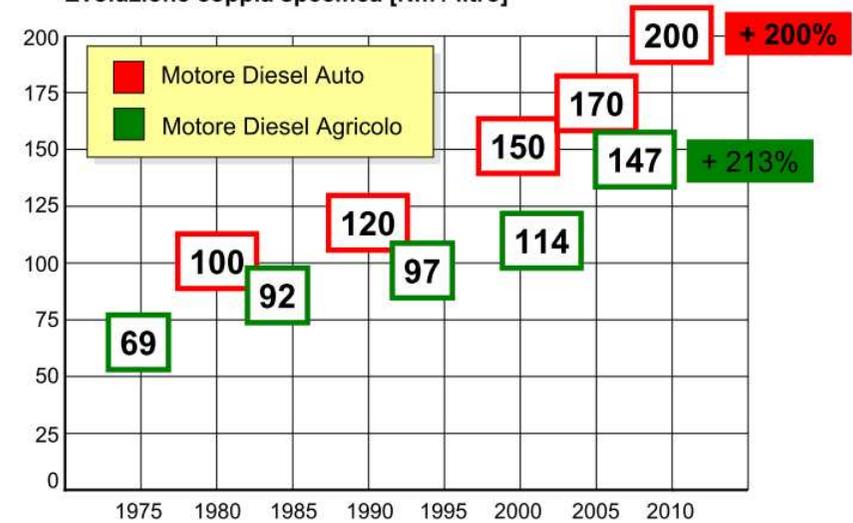


# Motori: evoluzione

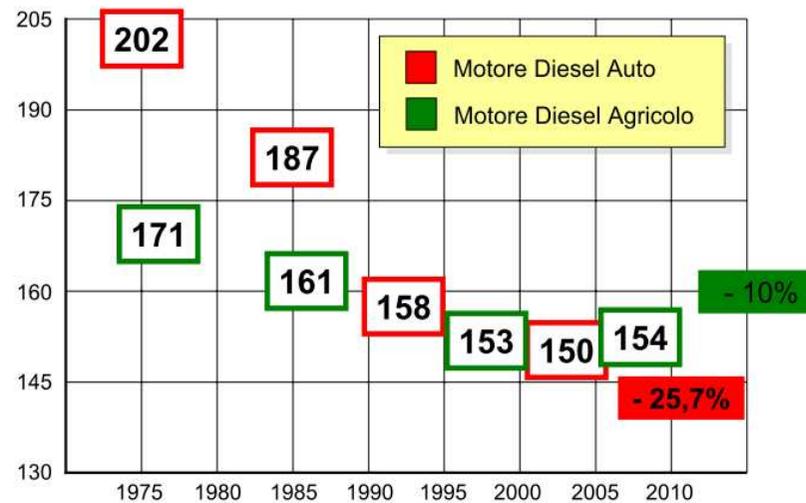
Evoluzione potenza specifica [CV / litro]



Evoluzione coppia specifica [Nm / litro]



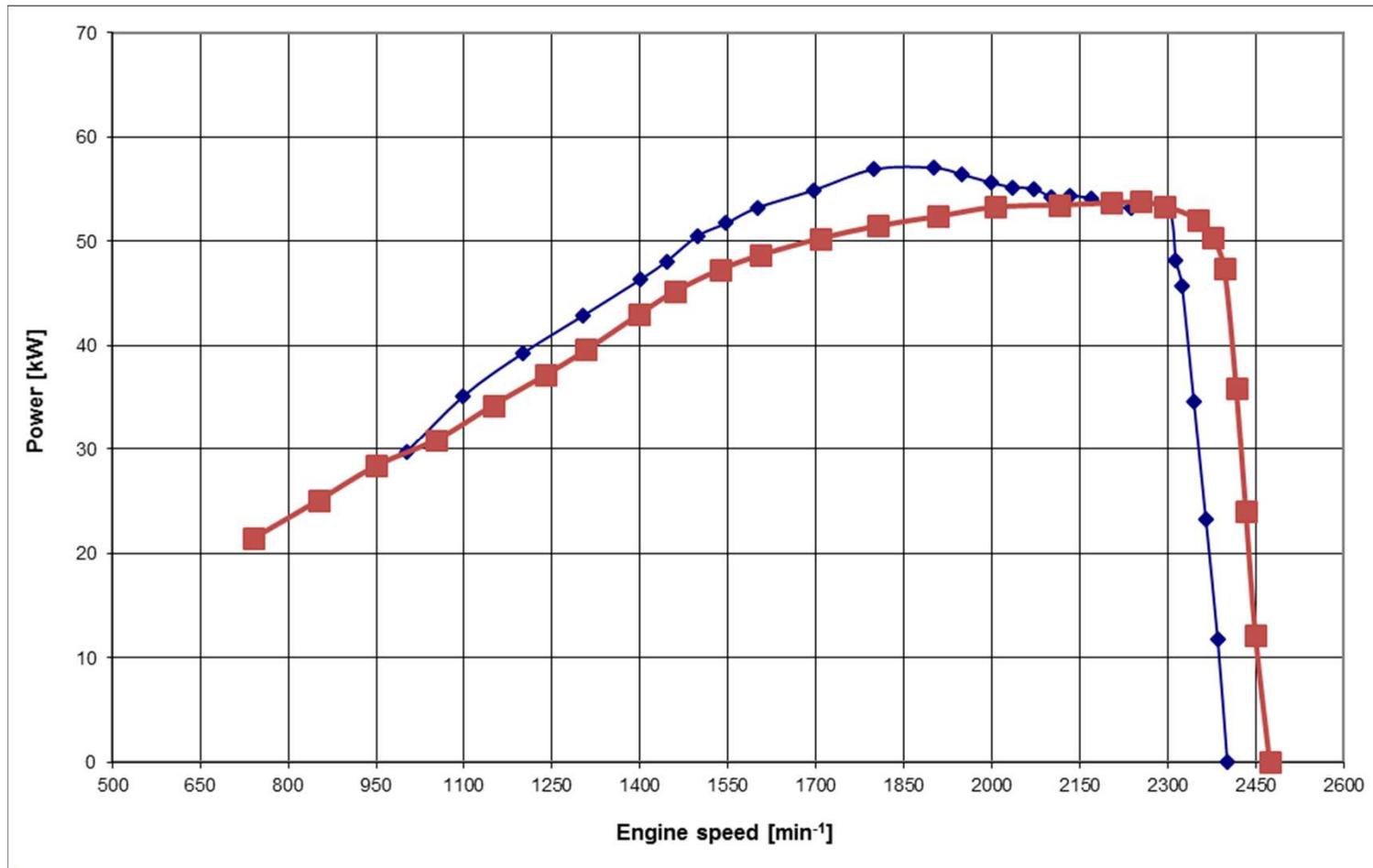
Evoluzione consumo specifico [g / CVh]





# Motori: curve caratteristiche

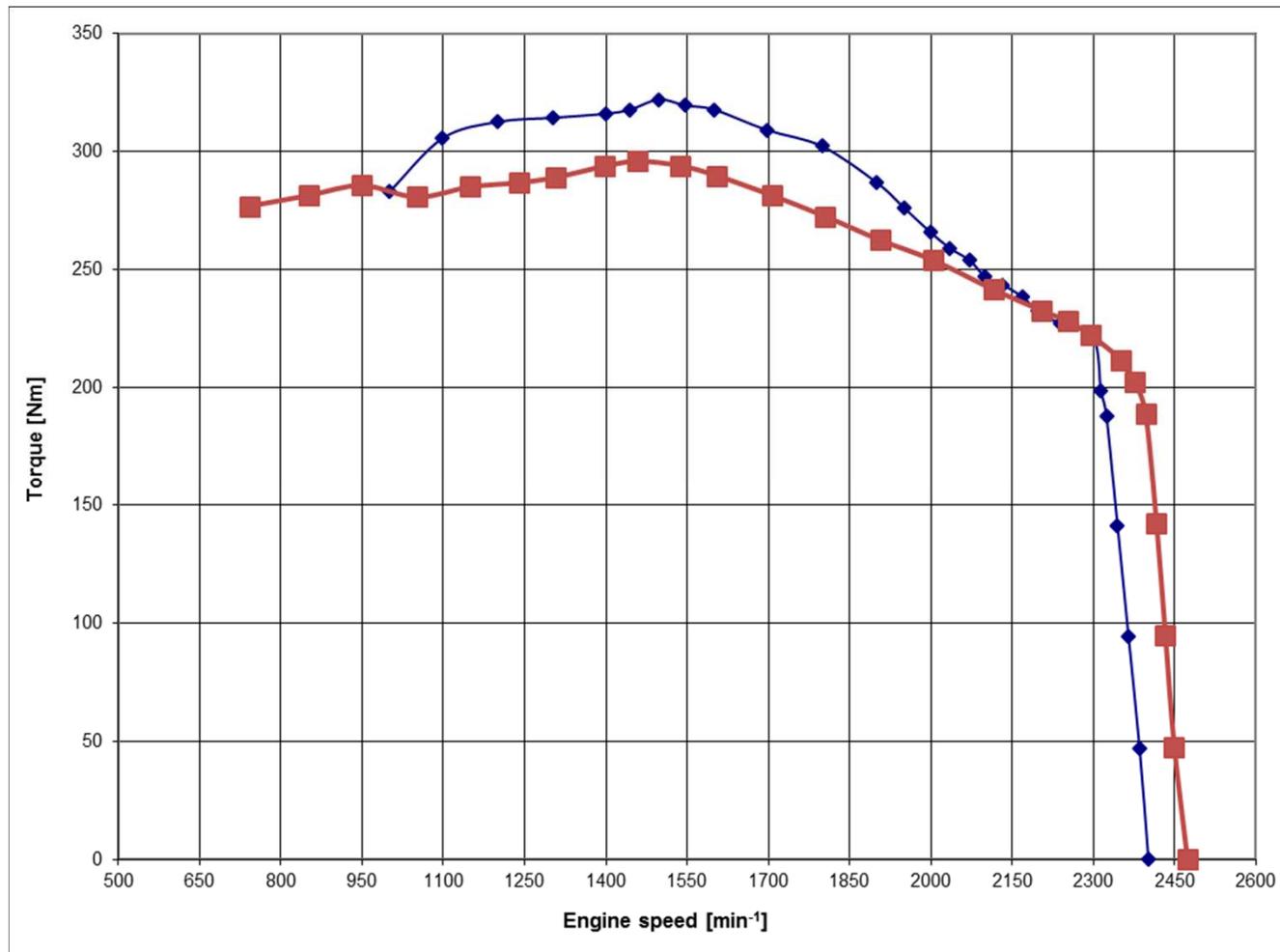
## Potenza nuovi motori vs vecchi [kW]



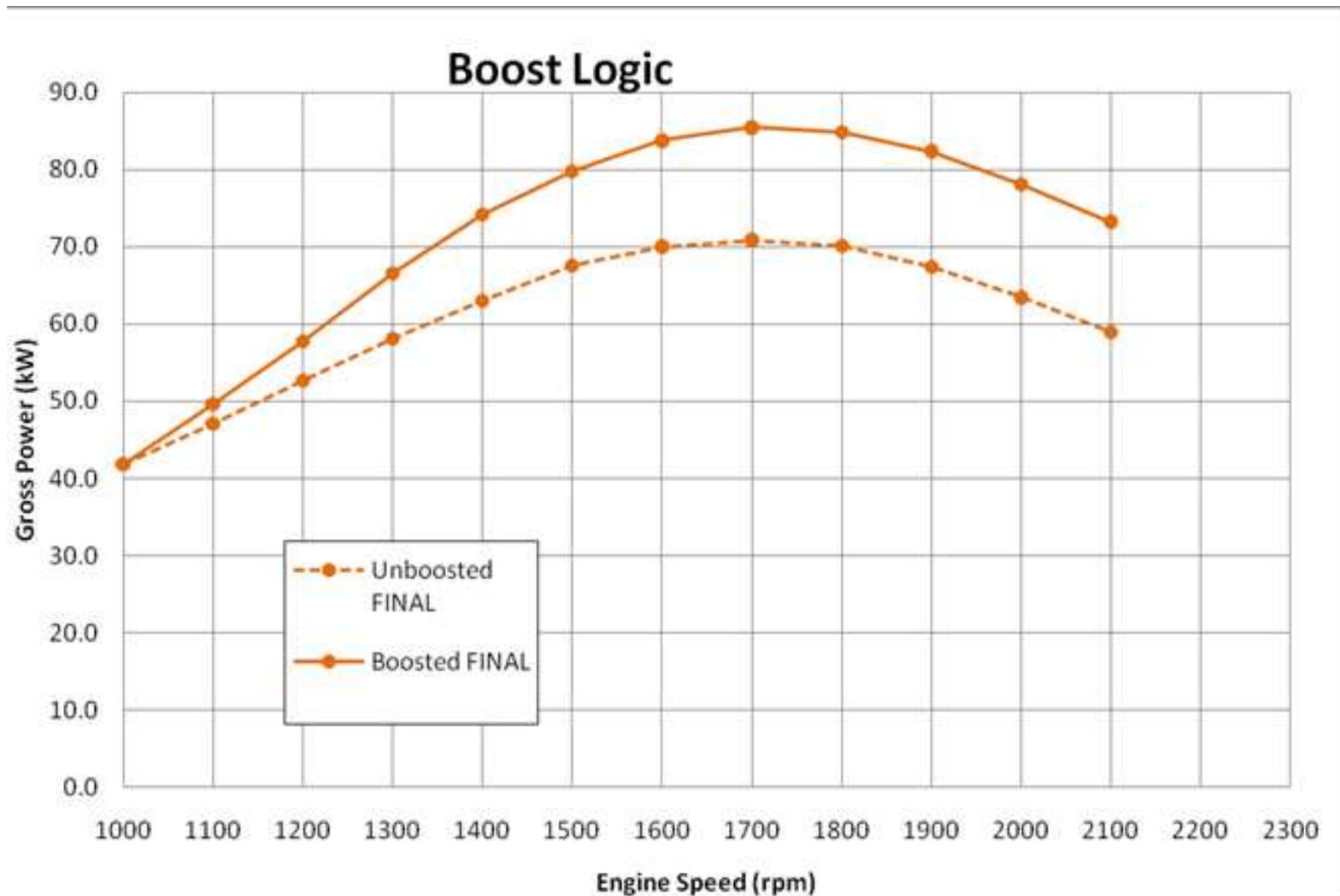


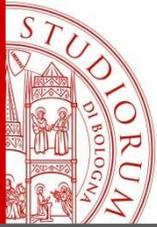
# Motori: curve caratteristiche

## Coppia nuovi motori vs vecchi [kW]



# Motori: centraline





# Motori: emissioni

- L'EU ha definito delle normative (Stage) per limitare le emissioni dei motori diesel non stradali.
- Ciascuna normativa impone dei limiti sugli inquinanti (CO, HC, NOx, PM) in funzione dalla potenza del motore.
- Nel 2019 entrerà in vigore la normativa Stage V che imporrà un limite sul PM del 40% inferiore allo Stage IV.

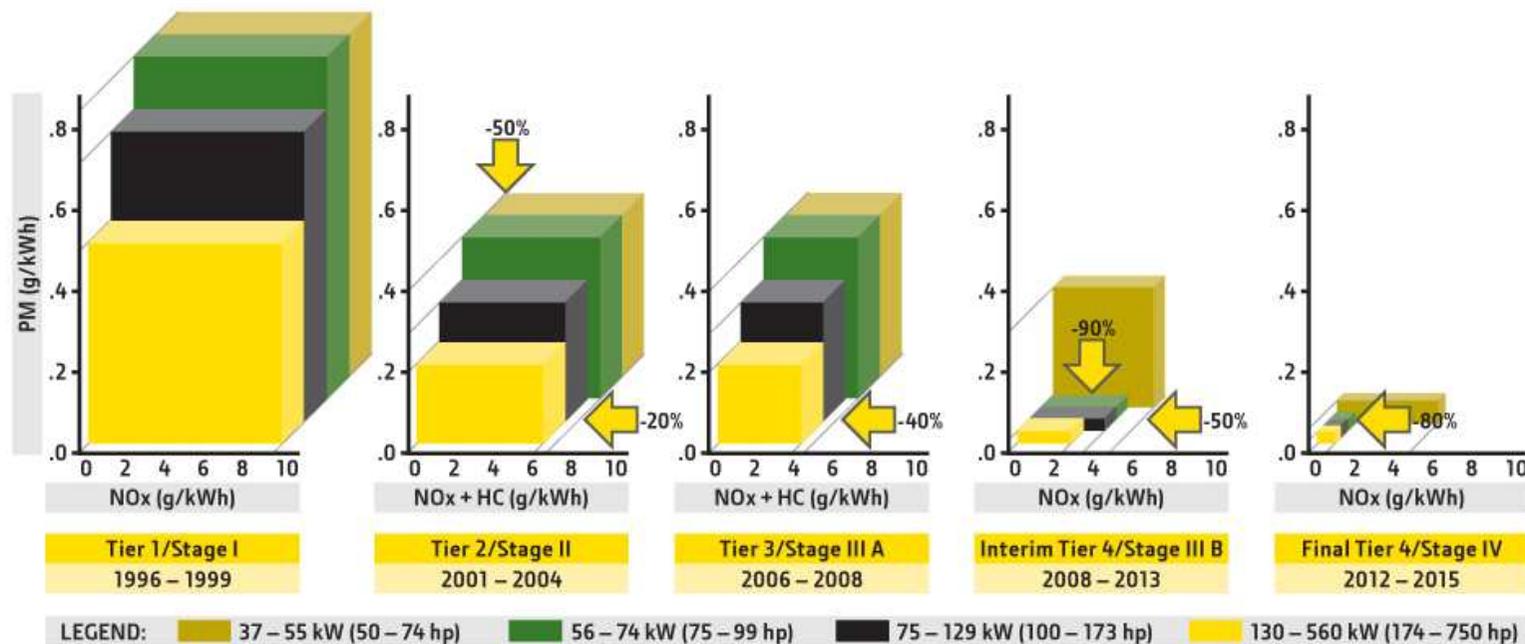
Nel diagramma a fianco:

- Tier 3 = Stage III A
- Interim Tier 4 = Stage IIIB
- Tier 4 = Stage IV

kW	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	oltre 2016	
130-560	TIER 3			INTERIM TIER 4			TIER 4				
75-130	TIER 3				INTERIM TIER 4			TIER 4			
56-75	TIER 3				INTERIM TIER 4			TIER 4			
37-56	TIER 3					INTERIM TIER 4					
19-37	TIER 3										

# Motore: emissioni

Le emissioni di CO sono state ridotte del 30%, quelle di HC dell'80%, mentre quelle di NOx e PM del 95% dal 1996 e per la classe di trattatrici di potenza compresa tra 130 e 560 kW.



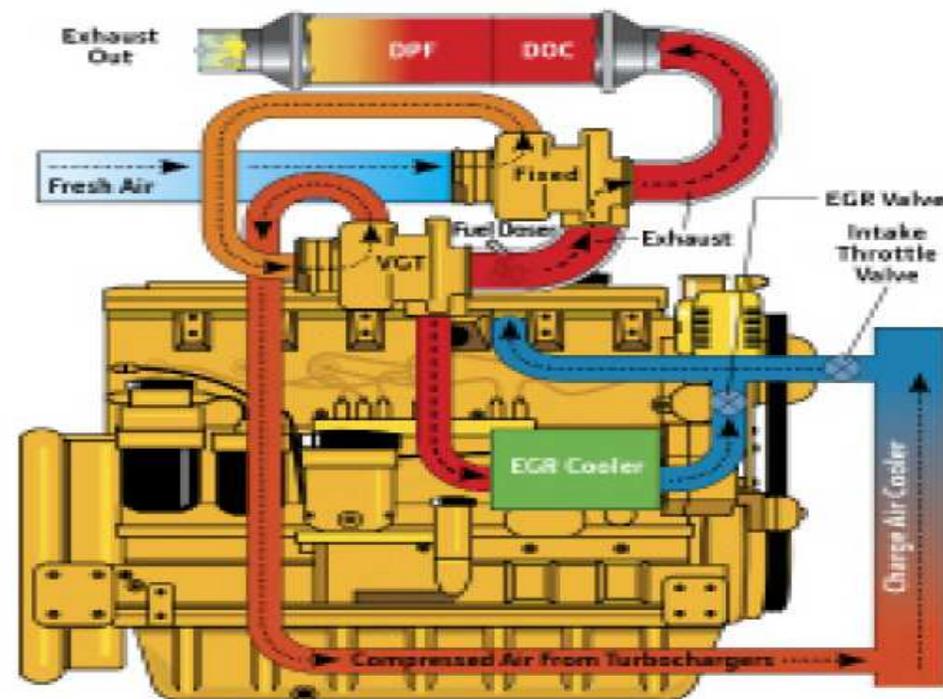
Fonte: www.deere.com

# Motore: EGR

Obiettivo ridurre la produzione NO<sub>x</sub> reimmettendo una parte dei gas di scarico in camera di combustione.

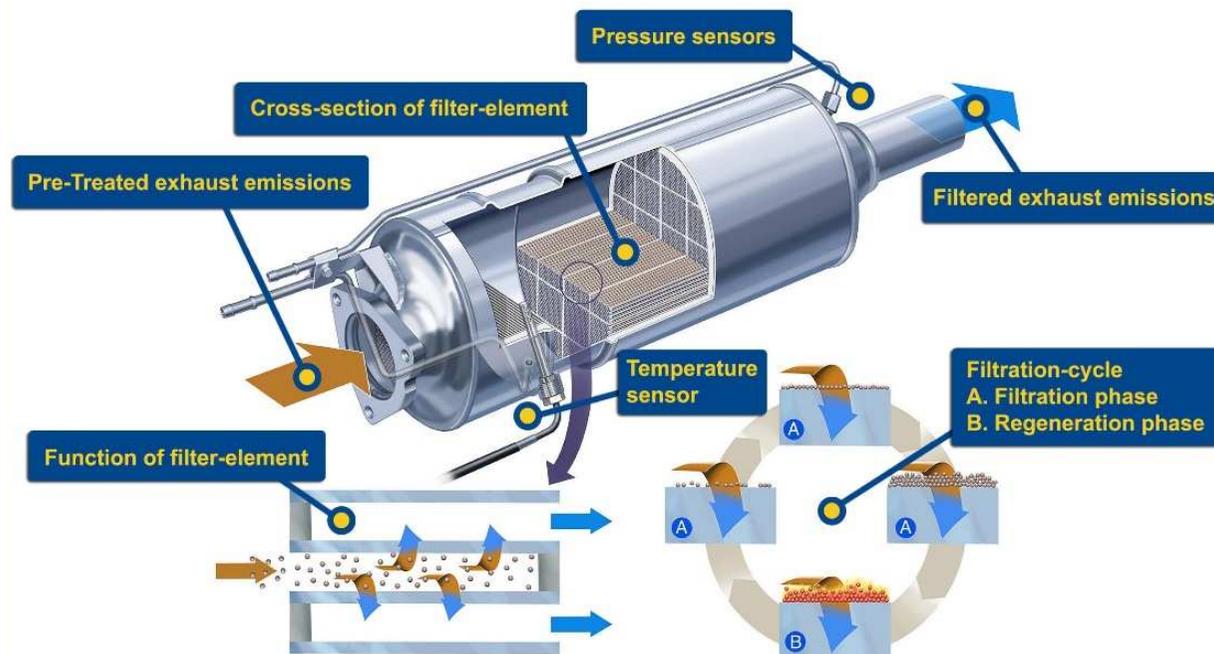
I gas esausti privi di ossigeno non partecipano alla combustione e la temperatura all'interno del cilindro si abbassa in modo da consentire una riduzione delle emissioni.

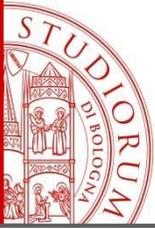
Il sistema Egr (Exhaust Gas Recycling) è stato già ampiamente utilizzato da costruttori per soddisfare i limiti imposti dalla normativa Tier 3.



# MOTORE: FAP

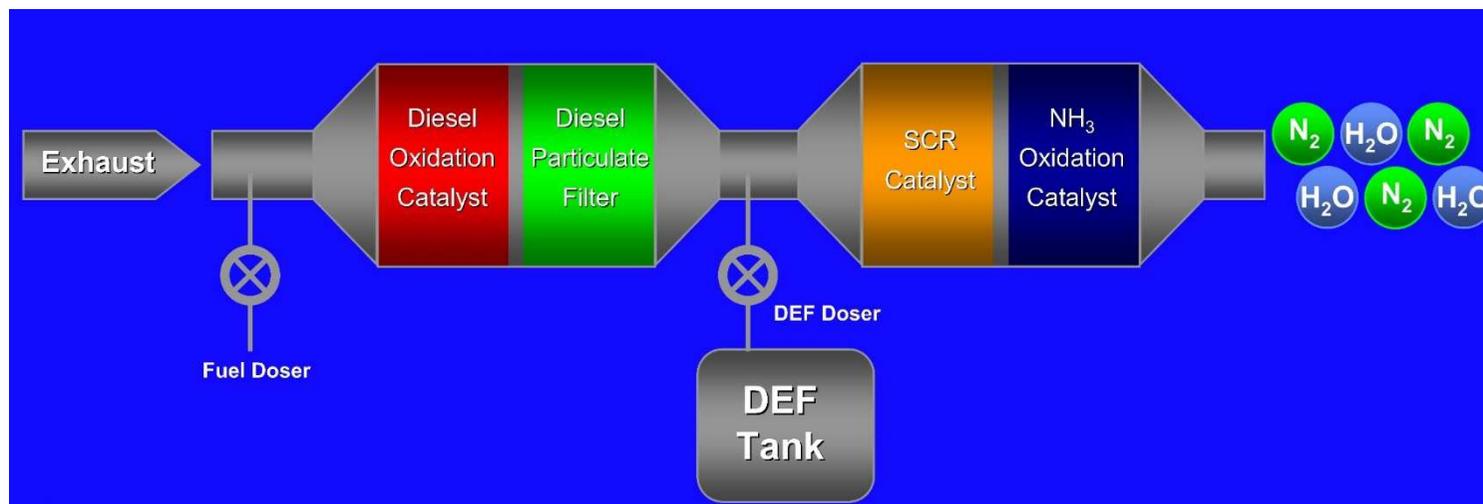
- Costituito da un filtro in ceramica che trattiene le polveri sottili.
- Dopo un certo numero di ore di utilizzo tale filtro può intasarsi e deve essere ripulito (rigenerazione).

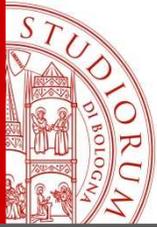




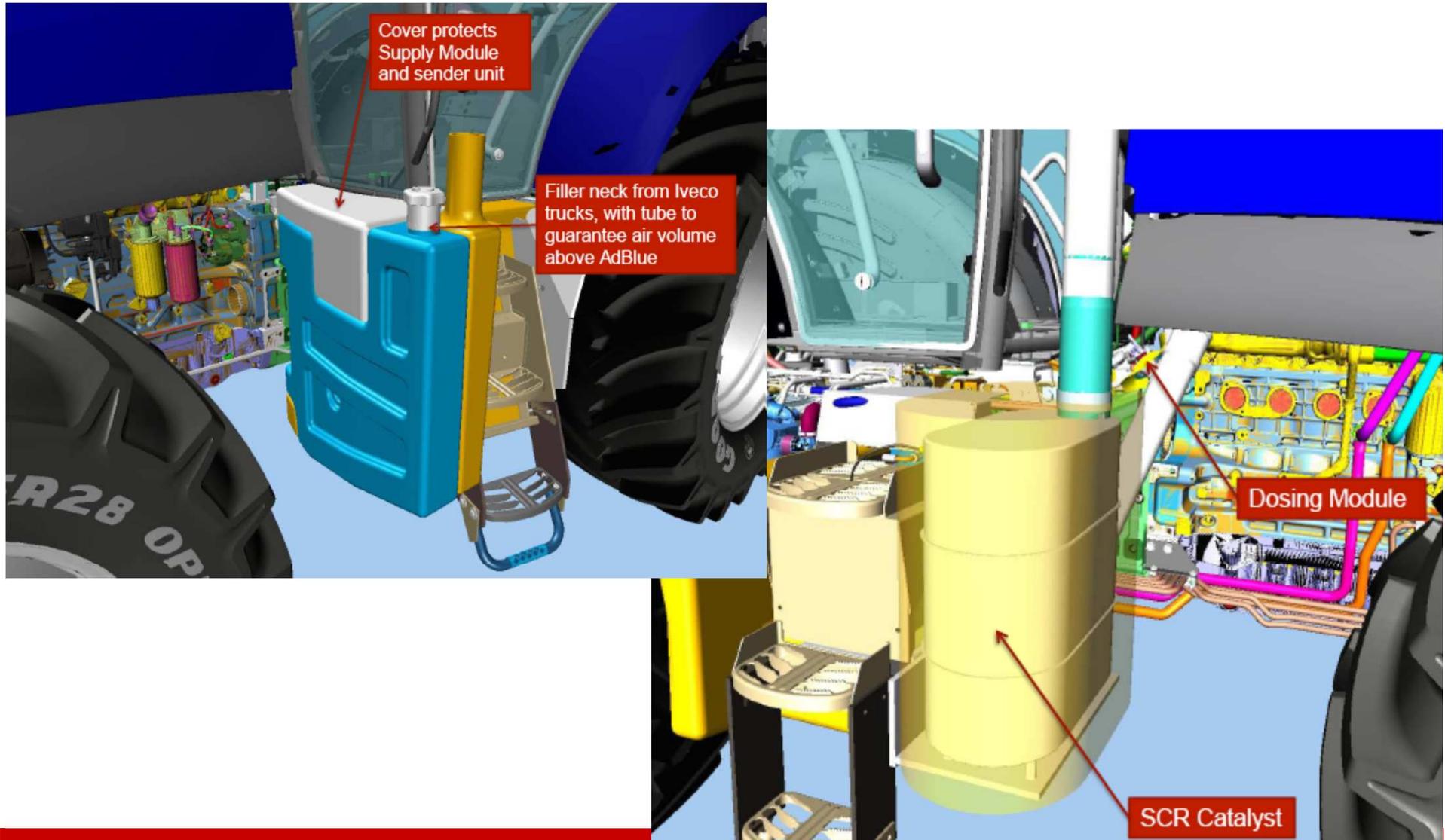
# MOTORE: SCR

- L'SCR (Selective Catalytic Reduction) è stato introdotto dai costruttori di trattori per adempiere alla normativa Stage IV.
- L'SCR è un trattamento dei gas di scarico con una soluzione a base di urea ottenendo una miscela di acqua e azoto.
- È costituito da un iniettore di urea ed un catalizzatore nel quale avviene la reazione chimica con i gas di scarico.





# MOTORE: SCR





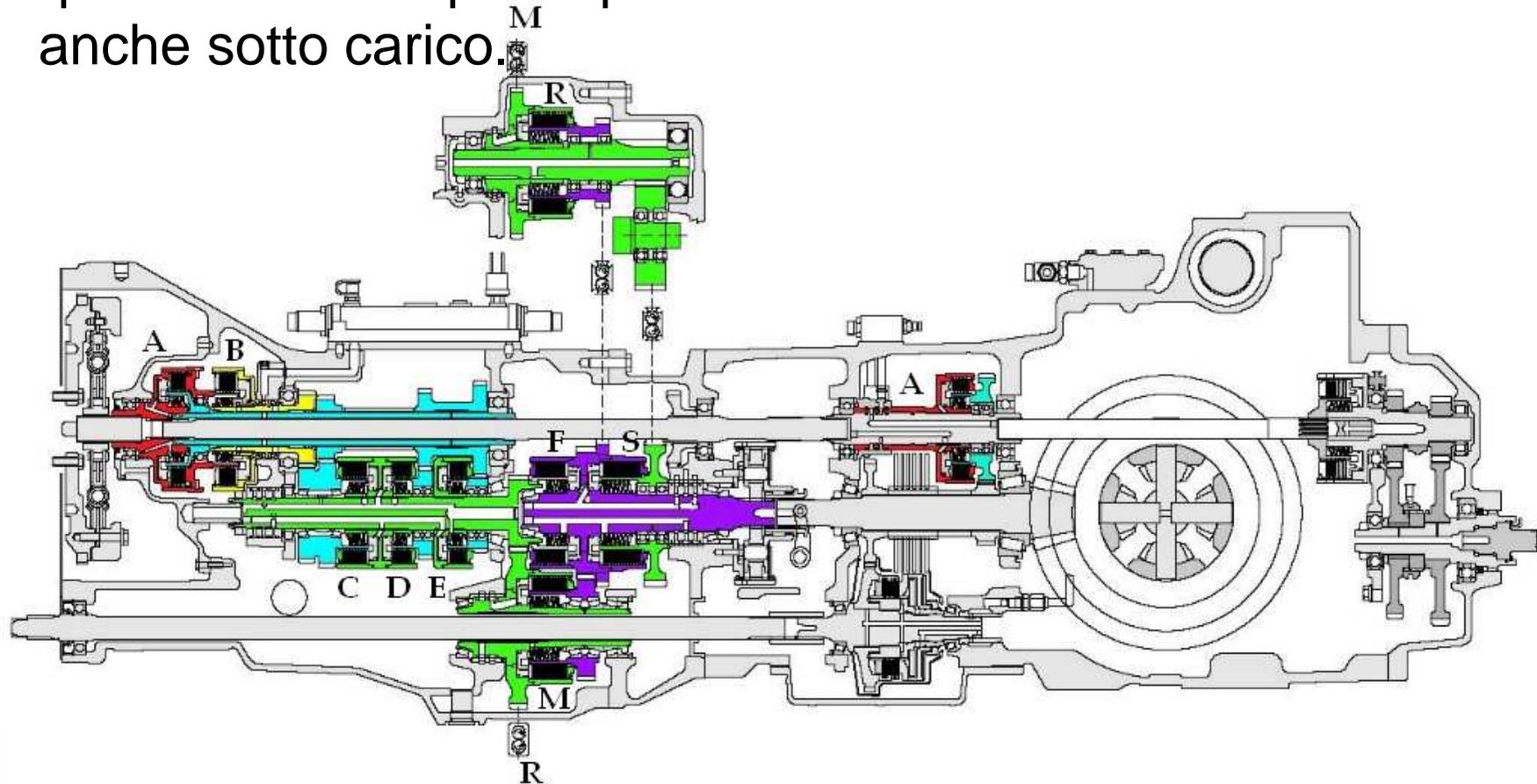
# Trasmissioni e cambi

---

- Necessità di combinare il punto di funzionamento ottimale del motore con le condizioni di lavoro (carico PTO, velocità di avanzamento, forza al gancio).
- Non sempre possibile con trasmissioni a rapporti finiti e pertanto negli anni è stato incrementato il numero di rapporti di trasmissione.
- Questo concetto ha portato allo sviluppo di trasmissioni
  - Full Power Shift (FPS)
  - Continuously Variable Transmission (CVT)
  - Dual Clutch Transmission (DCT)

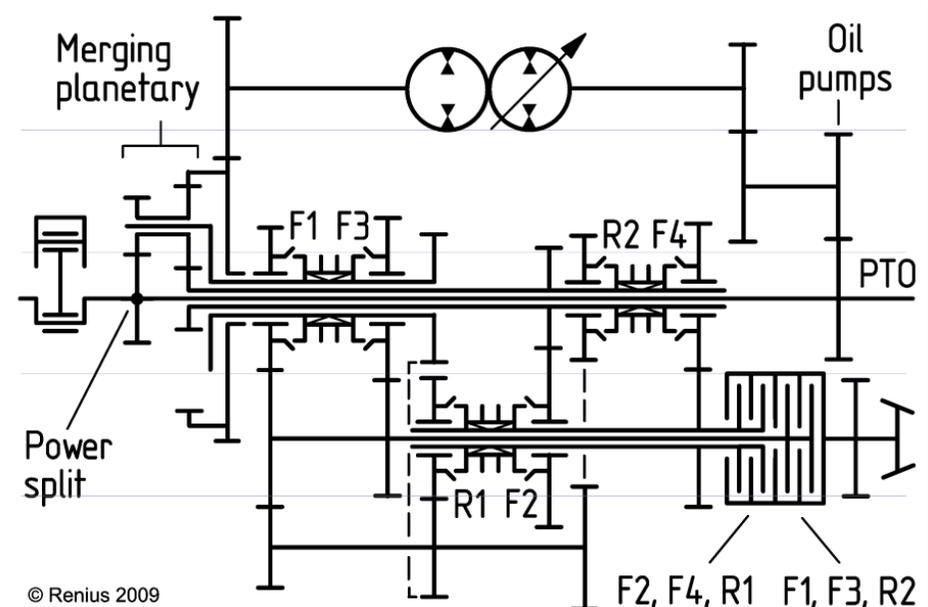
# Cambi: FPS

- Le trasmissioni meccaniche sono state arricchite negli anni con servocomandi al fine di incrementarne la funzionalità e quindi il comfort per l'operatore. Possibilità di cambi marcia anche sotto carico.



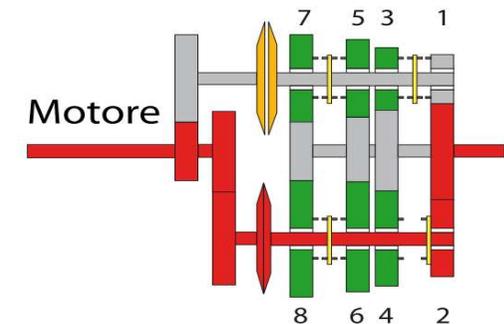
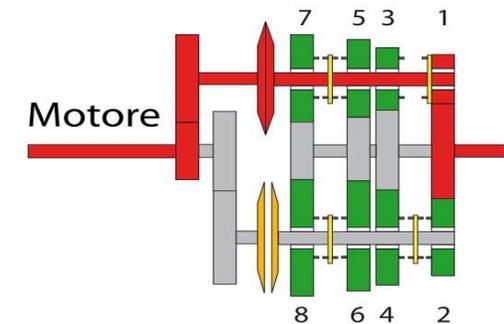
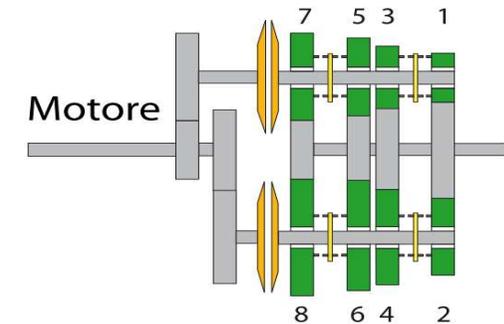
# Cambi: CVT

- Costituite unendo un'unità idrostatica con una meccanica con flussi di potenza combinati da un rotismo epicicloidale.
- Il rapporto di trasmissione può essere variato con continuità grazie all'unità idrostatica costituita da un gruppo motore-pompa.
- Sono più complesse, ma consentono di utilizzare sempre il motore nel suo punto di funzionamento ottimale.



# Cambi: DCT

- Costituita da due alberi secondari sui quali sono presenti le ruote dentate delle marce pari su uno e dispari sull'altro.
- Quando è inserita una marcia, nell'altro albero viene preinserita una delle due marce adiacenti spostando il corrispettivo manicotto.
- Per effettuare il cambio marcia viene staccata la prima frizione e innestata la seconda.





# Cambi: DCT





# Cabine

---

- Visibilità ed ergonomia
- Cabine filtrate
- ROPS
- FOPS

# Cabina: visibilità



Massima visibilità all'esterno, senza zone d'ombra soprattutto posteriore e anteriore. Cabine quasi completamente vetrate, cofano ribassato per una visione migliore soprattutto dell'attrezzo portato anteriormente.

# Cabina: ergonomia

- L'accessibilità al posto di guida è garantita da ingressi con scalette antisdrucchiolo e manocorrenti.
- Possibilità di regolare l'inclinazione e l'altezza del volante di guida.
- Le leve del cambio sono in posizione laterale o al volante per un libero accesso al sedile sia a destra che a sinistra e per un comodo azionamento.
- Comandi ergonomici per ridurre la fatica fisica semplificare il lavoro dell'operatore.
- Nelle versioni più accessoriate sono presenti computer di bordo per il controllo e gestione del trattore.



# Cabina: sedile

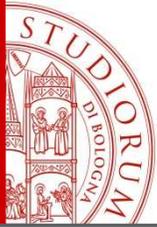
- Il sedile è regolabile in base alle caratteristiche dell'operatore.
- Dotato di schienale inclinabile; di rotazione parziale a destra e a sinistra (di circa 10°) per un assetto che consenta una migliore visuale panoramica di lavorazione, comandi e attrezzo.
- Nelle trattrici di più grandi dimensioni è presente inoltre un secondo sedile per il trasporto di un passeggero.



# Cabina: filtrazione



Impianto di filtrazione a carboni attivi, necessaria una leggera pressurizzazione, in modo da essere sicuri che l'unica aria che entra in cabina sia quella preventivamente filtrata, e non quella dell'ambiente esterno circostante.

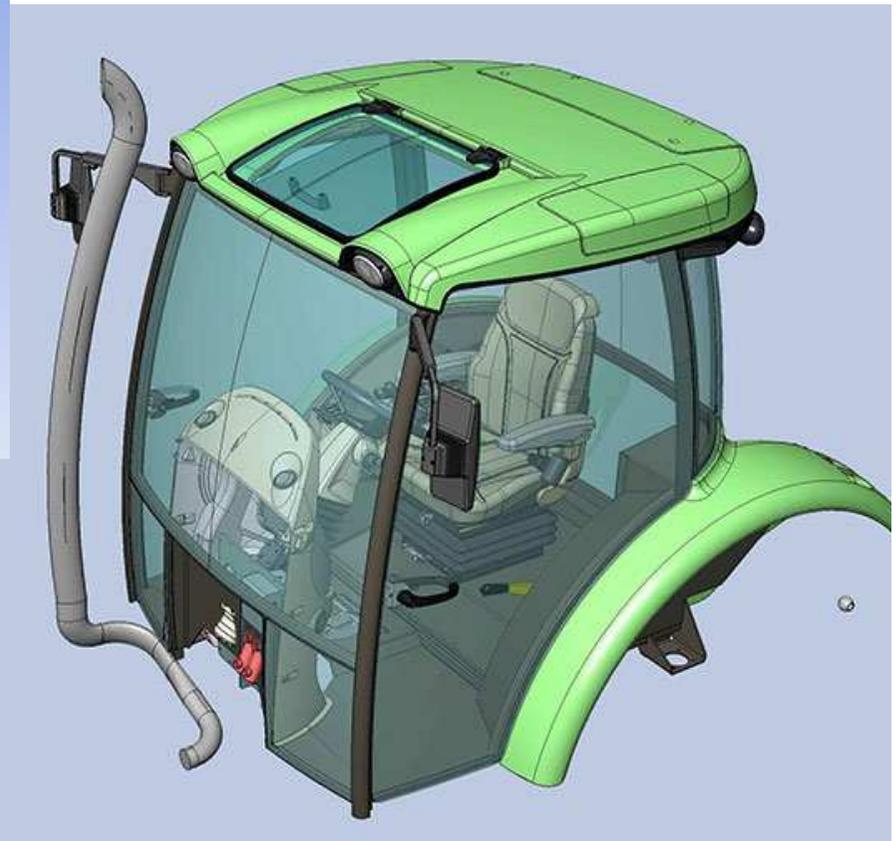
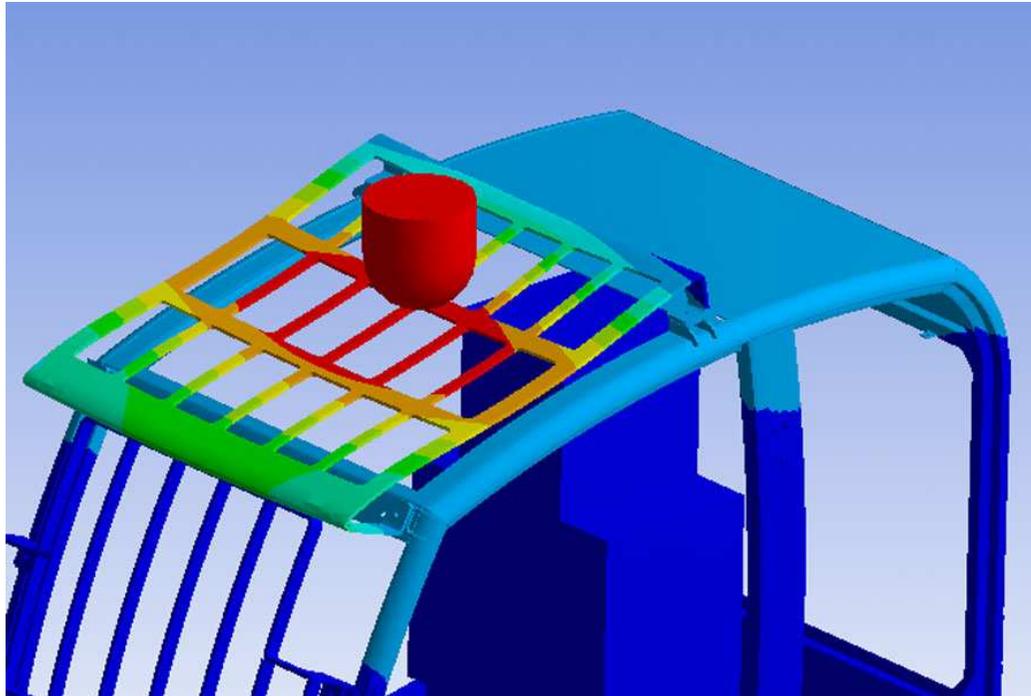


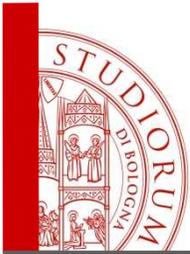
# Cabine: ROPS



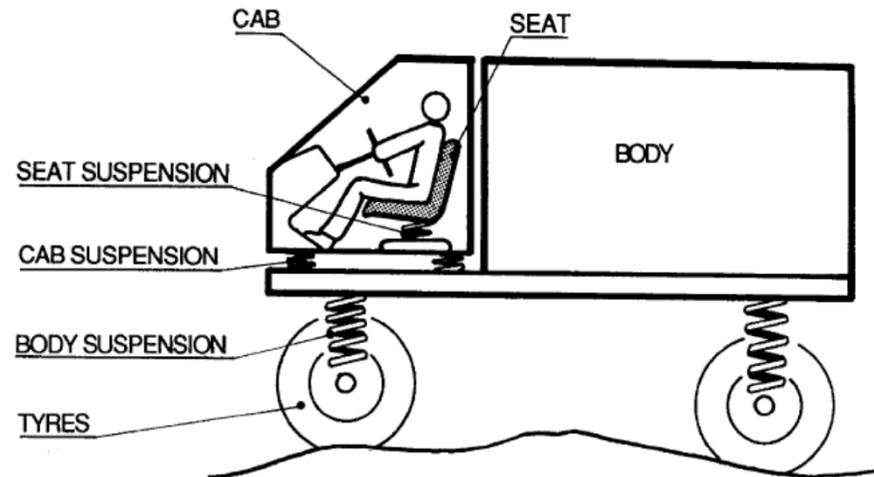


# Cabine: FOPS



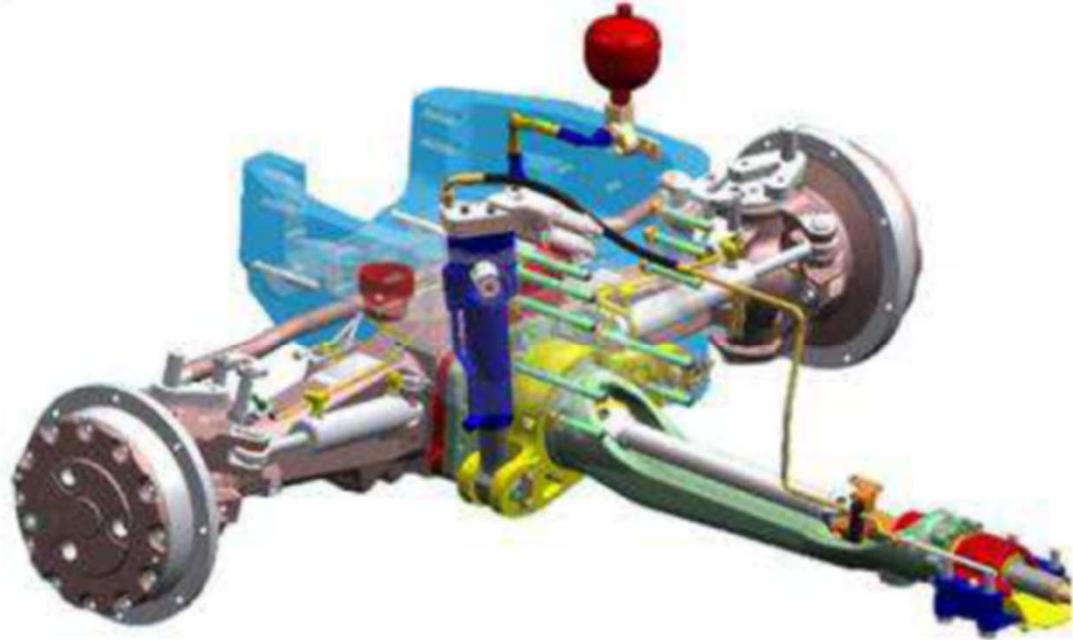


# Cabina: Sistemi sospensivi



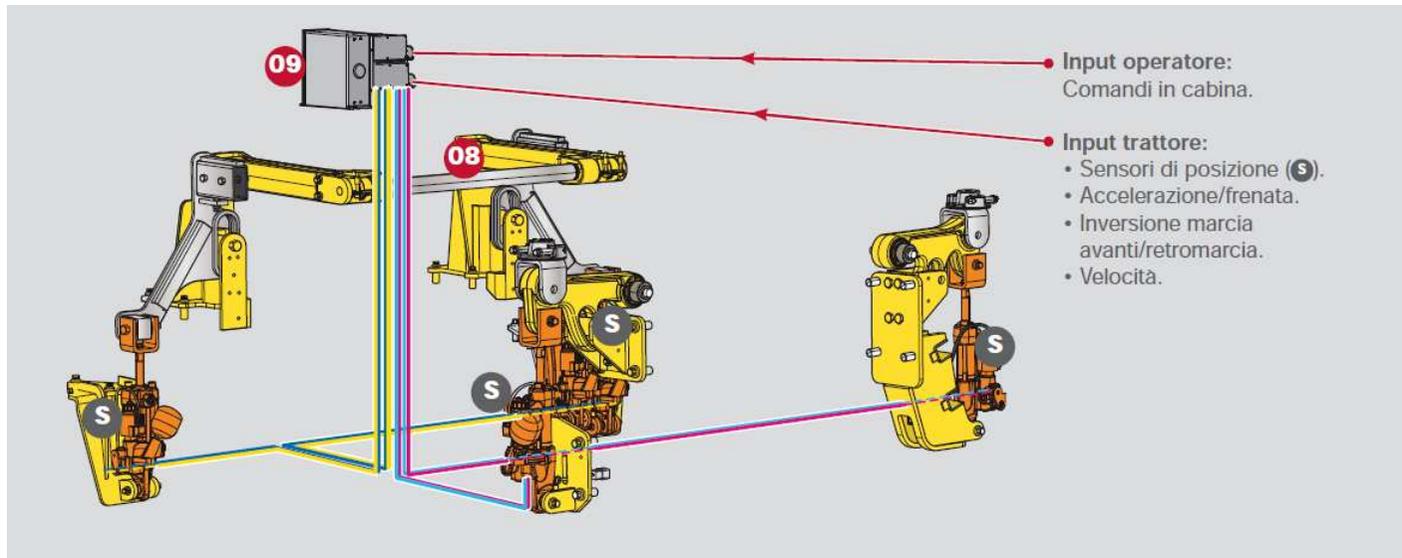
Al fine di ottenere una considerevole riduzione delle vibrazioni trasmesse all'operatore, le moderne trattrici possono avere sistemi sospensivi controllati sull'asse anteriore, sulla sospensione cabina e sulla sospensione sedile.

# Sospensione assale



Sospensione anteriore idropneumatica (in figura Terraglide II di New Holland) dotata di un sensore (accelerometro) che in tempo reale misura l'accelerazione e lo spostamento dell'assale anteriore: questo permette la regolazione automatica dello smorzamento sia in estensione sia in compressione del pistone.

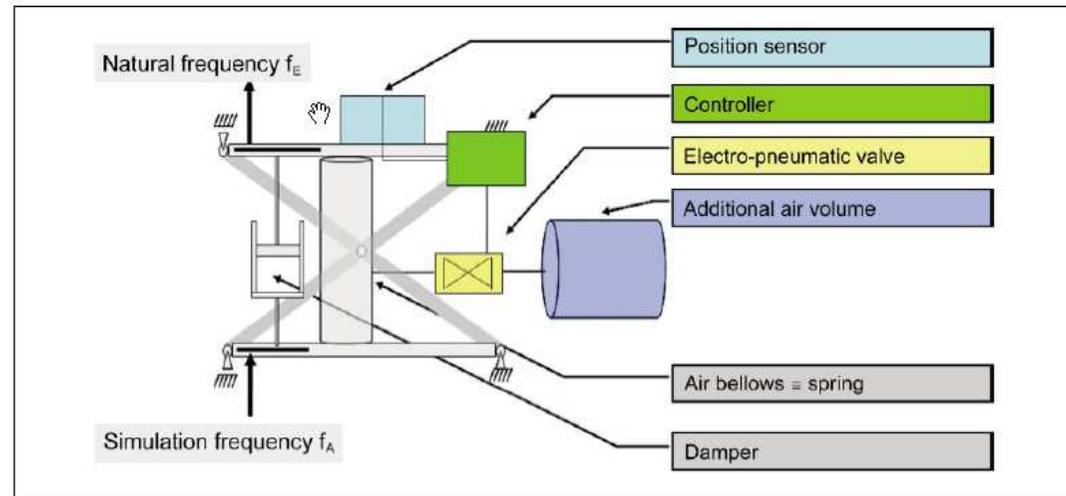
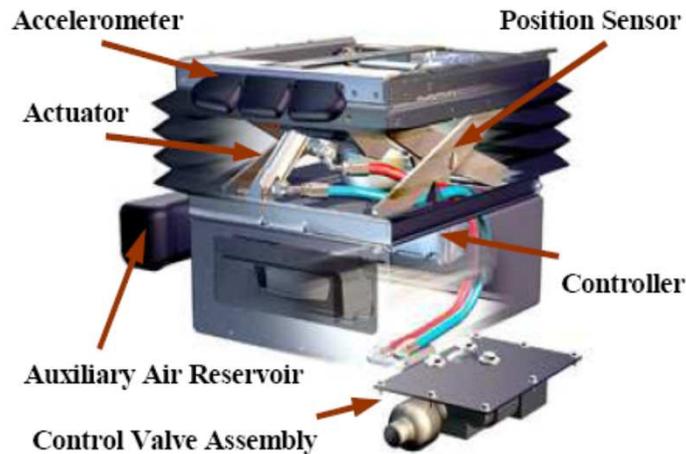
# Sospensione cabina



La cabina è fissata su quattro smorzatori idraulici che hanno la funzione di sospensione (in figura sistema Optiride di Massey Ferguson). Il sistema dispone di due sensori, posizionati negli angoli diagonalmente opposti della cabina, che registrano automaticamente il grado di inclinazione della stessa e comandano l'impianto idraulico per ristabilire l'equilibrio.

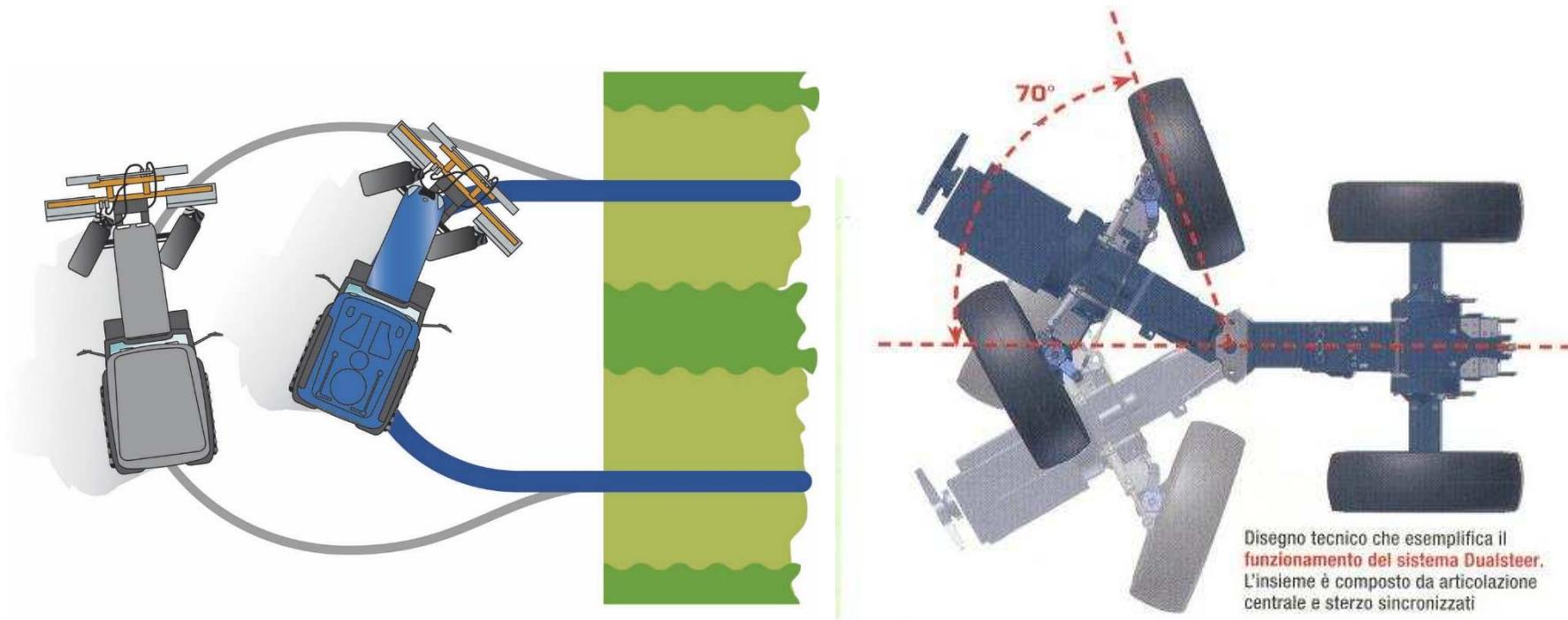
# Sospensione sedile

Oltre alla classica sospensione di tipo meccanico, sul sedile sono presenti dispositivi attivi. Le due principali tipologie di sedili attivi sono quelli a smorzamento controllato e rigidità controllata.



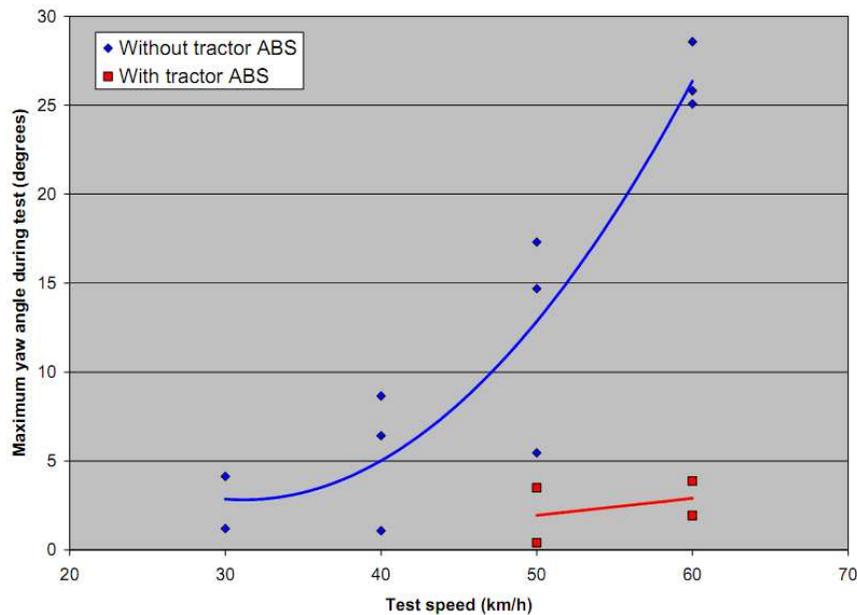
# Sterzo

- Un'alta manovrabilità è essenziale per le trattrici per favorire le manovre in particolare quelle di fine campo.
- Tale obiettivo è stato raggiunto tramite l'uso di trattori con assale sterzante oppure con trattori snodabili.



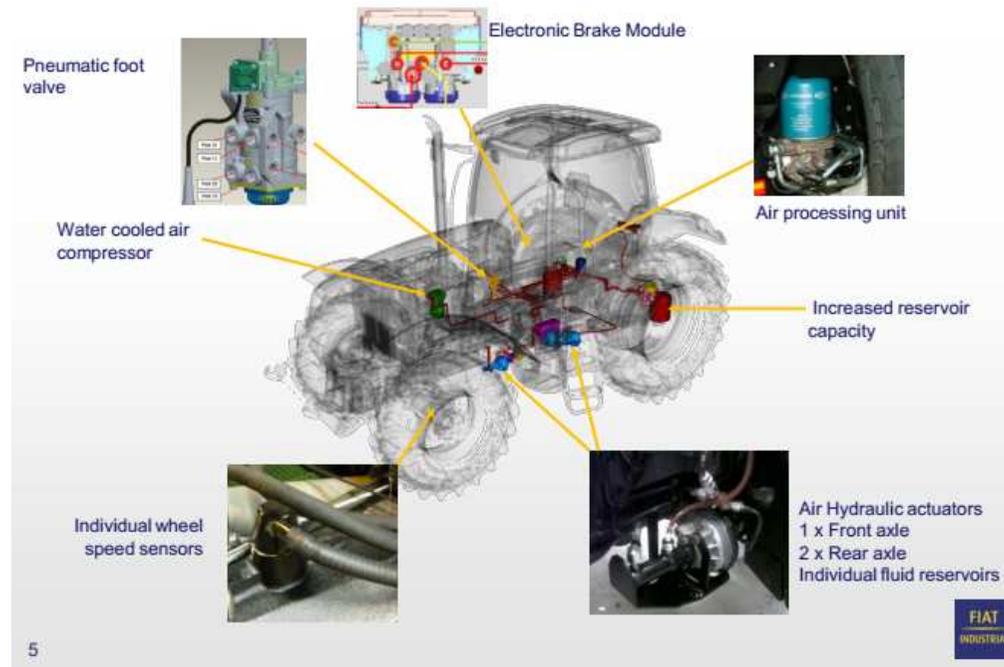
# Freni

- Trattori di alta gamma vengono sempre più usati in strada per trasporto di attrezzatura o materiale con rimorchi.
- Incremento della velocità massima consentita in alcuni mercati europei ha evidenziato l'instabilità delle trattrici in frenata ad alta velocità.
- L'adozione dell'ABS (Antilock Braking System) ha reso le trattrici più stabili in frenata.



# Freni

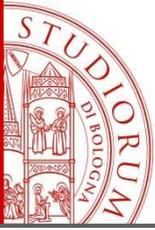
- L'ABS è optional su trattori con velocità massima superiore ai 40 km/h e può essere disinserito a velocità inferiori ai 40 km/h.
- il nuovo Regolamento UE che entrerà in vigore a partire dal 2016 renderà il sistema ABS obbligatorio per tutti i nuovi trattori con una velocità massima uguale o superiore a 60 chilometri orari.



# Organi di trazione

Gli organi di trazione più comuni nei trattori moderni sono le ruote, tuttavia a causa dell'incremento della massa delle trattrici, le aziende stanno sviluppando organi di trazione alternativi che limitano il compattamento del terreno grazie ad una più estesa impronta a terra.





# Organi di trazione: cingoli

Studi hanno evidenziato che a parità di massa, trattori muniti di cingoli triangolari richiedono fino al 20% in meno di carburante rispetto ad un equivalente trattore a ruote.



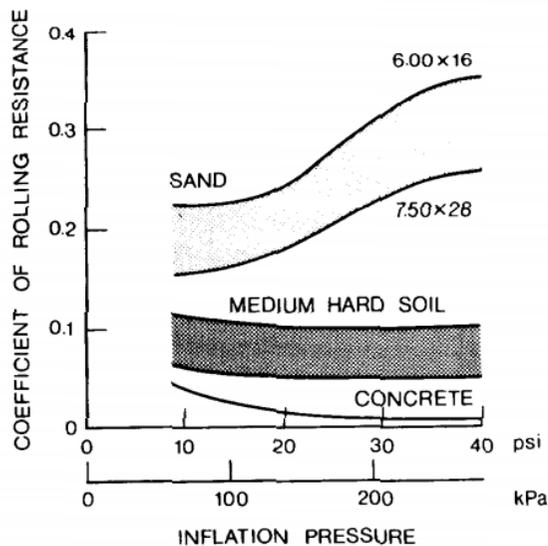


# Organi di trazione: cingoli



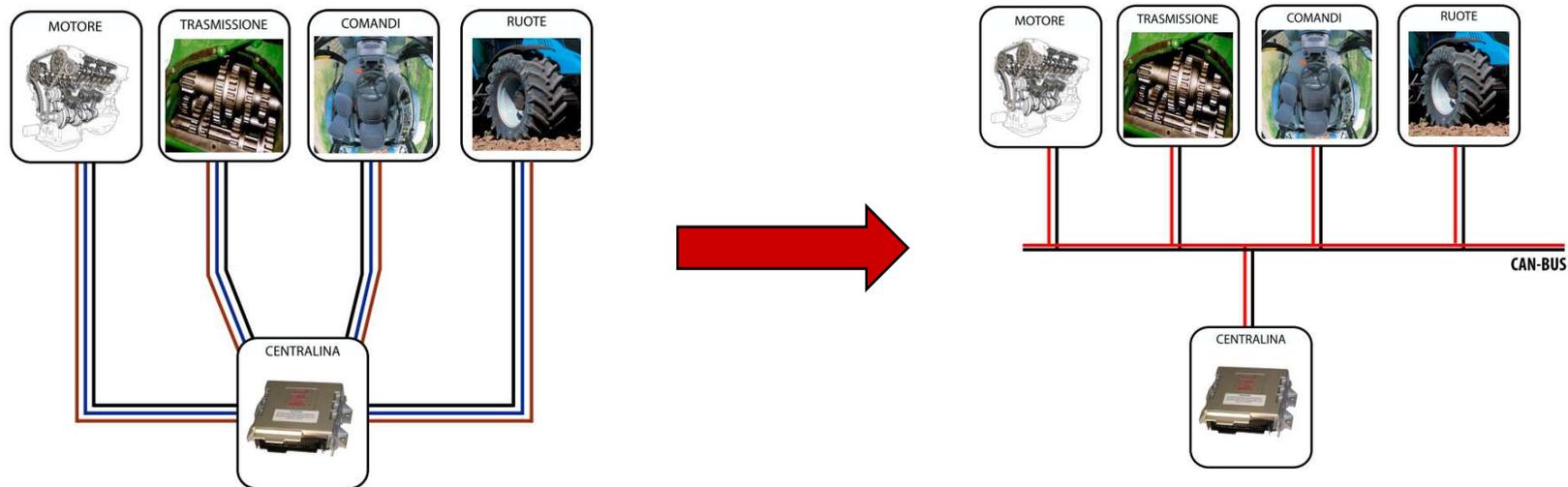
# Organi di trazione

- Necessità di adeguare costantemente la pressione degli pneumatici alle condizioni di lavoro al fine di ridurre il consumo di carburante e l'impatto delle ruote sul suolo.
- Alta pressione in trasporto su strada e bassa in campo.
- Sviluppo di sistemi di bordo per la regolazione della pressione degli pneumatici.



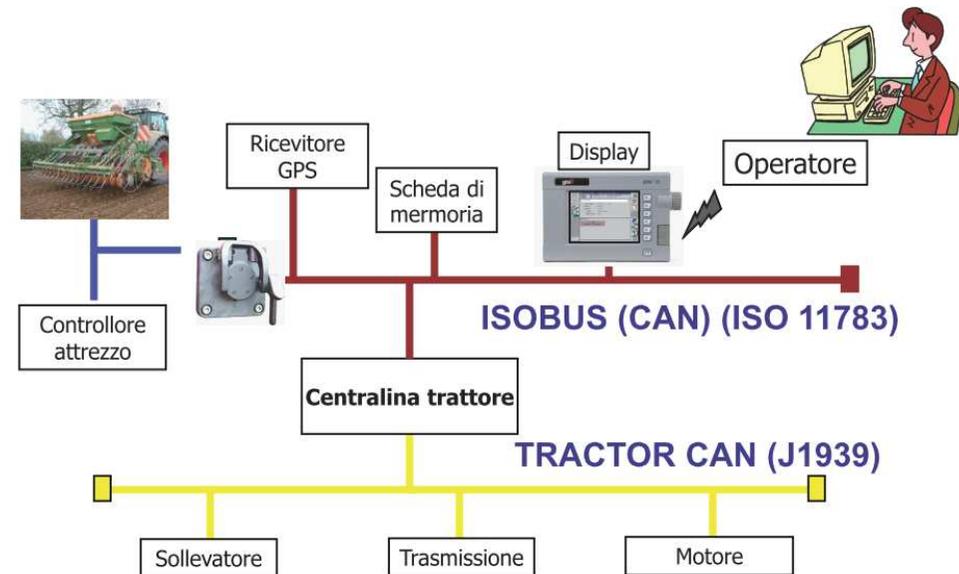
# CAN-Bus

- Il continuo arricchimento di dispositivi elettronici ha comportato l'aggiunta di sensori per il controllo dei diversi sotto-sistemi.
- Per limitare il numero di connessioni è stato sviluppato il CAN-Bus, che grazie ad una singola connessione permette il collegamento tra centralina e sensori.
- Una singola connessione è molto più robusta di una serie di connessioni essendo le macchine agricole soggette a condizioni di lavoro impegnative.



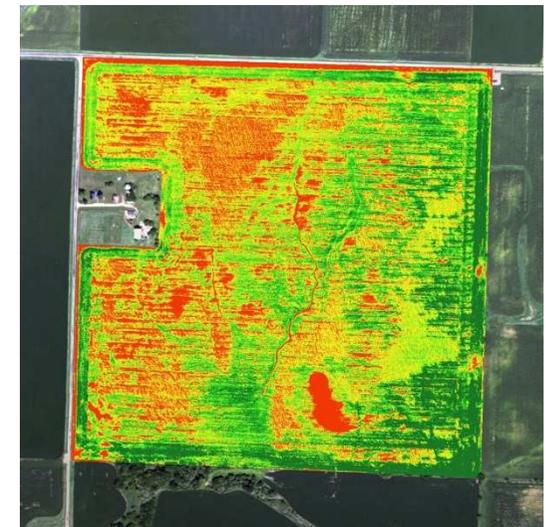
# ISO-Bus

- Anche le macchine operatrici sono state arricchite con diversi sistemi di controllo questo al fine di avere una lavorazione più efficiente e veloce.
- In queste è stato introdotto l'ISO-Bus il cui funzionamento è simile a quello del CAN-Bus.
- Grazie all'ISO-Bus sono state sviluppate seminatrici dotate di controllo dei dosatori in modo tale da distribuire la quantità ottimale di semi in funzione dello stato del terreno o delle colture.



# CAN-Bus e ISO-Bus

- CAN-Bus e ISO-Bus hanno permesso l'utilizzo esteso dell'elettronica nella meccanica agraria ed una maggiore integrazione tra trattore e macchina operatrice.
- Le macchine possono essere comandate con la strumentazione dal trattore senza la necessità di installare una specifica strumentazione per ciascuna macchina.
- Tutto ciò ha consentito lo sviluppo della diagnostica di bordo, dell'agricoltura di precisione, della manutenzione predittiva e della gestione della flotta.



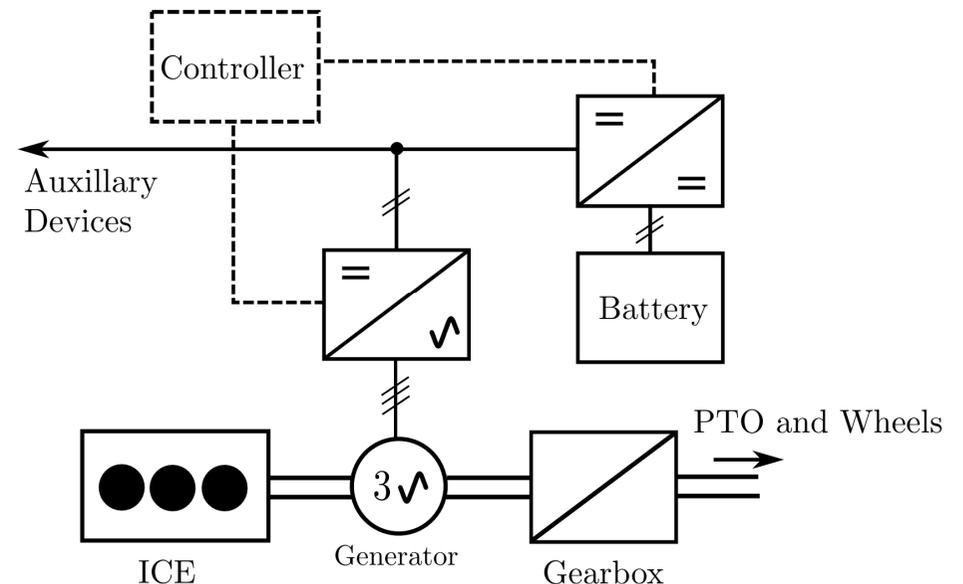


# Elettificazione

- Utilizzo di componenti elettrici per permettere una gestione più complessa dei diversi sottosistemi rispetto ad un sistema puramente meccanico o idraulico.
- La limitata potenza consente solo l'azionamento di piccoli sottosistemi.
- Gli elementi che sono stati elettrificati sono:
  - organi ausiliari;
  - assali traenti di rimorchi;
  - immagazzinamento di energia elettrica per azionamento di dispositivi elettrici;
  - elettrificazione di macchine operatrici.

# Elettificazione

- Uno dei pochi trattori elettrificati in commercio è il John Deere con la serie E-Premium.
- Costituito da un generatore elettrico interposto tra motore e trasmissione che eroga fino a 20 kW per l'azionamento degli organi ausiliari.
- Riduzione dei consumi fino al 5%, rispetto alla versione tradizionale, in un ciclo di lavoro standard.



Barthel, J., Gorges, D., Bell, M., & Munch, P. (2014, October). Energy Management for Hybrid Electric Tractors Combining Load Point Shifting, Regeneration and Boost.

# Elettificazione

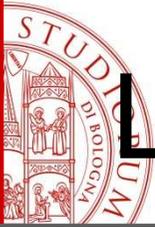
1. Irroratrice con pompa azionata elettricamente
2. Rimorchio con assale traente azionato elettricamente



Fonte: [www.amazone.net](http://www.amazone.net)



Fonte: <http://www.fliegl-agrartechnik.de>



# Localizzazione e gestione flotta

- Le dimensioni agricole delle aziende stanno crescendo e pertanto anche il parco macchine.





**Università di Bologna**

**Dipartimento di scienze e tecnologie agro-alimentari**

---

**Prof. Ing. GIOVANNI MOLARI**

**Vice - Direttore**

**via G. Fanin 50 - 40127 Bologna, Italy**

**[www.giovanmolari.it](http://www.giovanmolari.it)**