



Realtà e prospettive per la generazione e l'utilizzo dell'idrogeno

27 novembre 2020

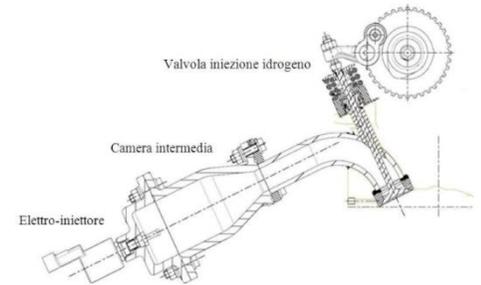
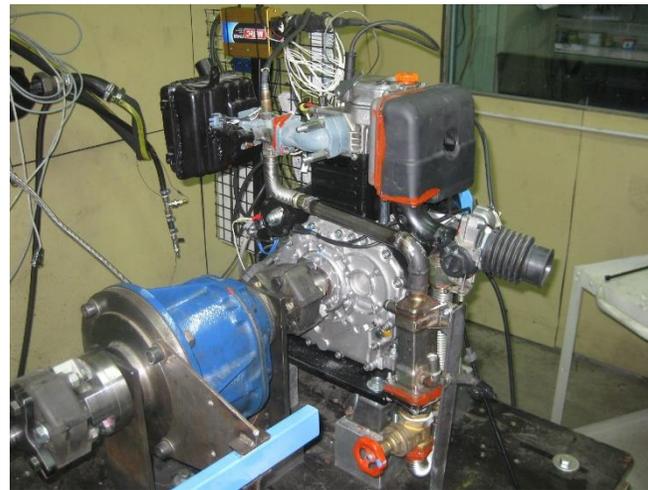
Idrogeno e altri combustibili alternativi: esperienze in Toscana e prospettive per il loro utilizzo nella mobilità

In collaborazione con:



Marco Doveri

TRASFORMAZIONE E MESSA A PUNTO DI MOTORI ENDOTERMICI PER IL FUNZIONAMENTO AD IDROGENO ED AMMONIACA



LGW 523 MPI



Esperienze EDI con i combustibili non convenzionali

- Idrogeno in motori ad iniezione indiretta.
 - Motore ad iniezione nel collettore di aspirazione derivato dalla trasformazione del veicolo bifuel **Fiat Multipla**
- Idrogeno in motori ad iniezione diretta. L'assenza di idrogeno nei condotti di aspirazione, è l'unico supporto per ottenere una elevata P.M.E. nei motori aspirati a causa del miglioramento dell'efficienza volumetrica.
 - Motore ad iniezione diretta a due stadi con precamera di iniezione derivato dal propulsore **Aprilia Rotax 650 cm³**
 - Motore ad iniezione diretta nel cilindro a singolo stadio derivato dal motore Diesel **Lombardini 15LD500**
- Ammoniaca in motori ad iniezione indiretta.
 - Motore ad accensione comandata **Lombardini LGW-523 MPI** (Progetto SAVIA)

Comparazione dei combustibili

L' ammoniaca è un carburante che contiene una elevata quantità di idrogeno pertanto può essere considerata un vettore dell'idrogeno stesso

Proprietà	Ammoniaca	Idrogeno	Benzina
Potere calorifico inferiore [MJ/kg]	18,8	120	44,5
Velocità laminare di fiamma [m/s]	0,015	2,93	0,58
Energia minima di accensione [mJ]	8	0,018	0,14
Numero di ottano [RON]	>130	130	90-98
Densità (25° C, 1 bar) [g/l]	0,703	0,089	740
Rapporto stechiometrico [massa]	6,04	34,3	~14,5
Contenuto energetico(miscela stechiometrica) [MJ/kg]	2,8	3,3	2,7

Comparazione dei combustibili

Idrogeno	Ammoniaca
Ampio range di infiammabilità	Basso range di infiammabilità
Velocità laminare di fiamma elevata (in condizioni stechiometriche)	Velocità laminare di fiamma bassa
Elevata temperature di autoaccensione	Elevata temperature di autoaccensione
Bassa energia minima di accensione rispetto alla benzina	Elevata energia minima di accensione rispetto alla benzina
Alto potere calorifico ma bassa energia della miscela carburata	Bassa energia della miscela carburata

Fiat Multipla



L'idea fu proposta dal Sig. Iginò Benedetti, allora titolare della PIEL, azienda costruttrice di elettrolizzatori, ora diventata McPhy.

L'idea di base era che, in attesa di una rete di distribuzione di idrogeno, un veicolo Bi-fuel potesse essere una soluzione vincente.

I precursori nell'utilizzo dell'idrogeno come propellente per trazione sono stati il Prof. Dino Dini e l'ing. Giancarlo Nardi che con l'utilizzo di elettrovalvole alimentarono il motore di un Fiat Ducato.



Durante lo sviluppo del progetto Multipla gli amici Dini e Nardi sono stati nostri validi interlocutori

Le trasformazioni EDI: il progetto Fiat Multipla

Scelta di trasformare veicoli FIAT
"Bipower"
(Multipla & Doblò) per:



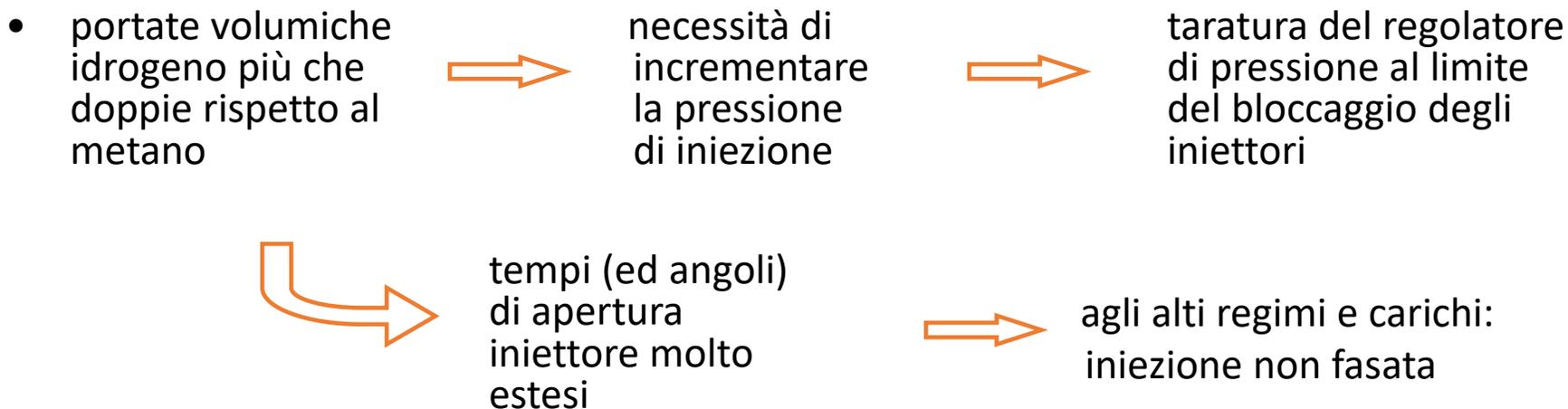
Buona autonomia di partenza con
alimentazione a metano (Volume di
stoccaggio 206 litri)

semplicità della
trasformazione

- utilizzo dell'impiantistica metano adeguata all'idrogeno con la sola sostituzione delle bombole (impiego degli iniettori metano originali)
- calibrazione dell'elettronica di controllo motore
- nessuna modifica del sistema di alimentazione benzina

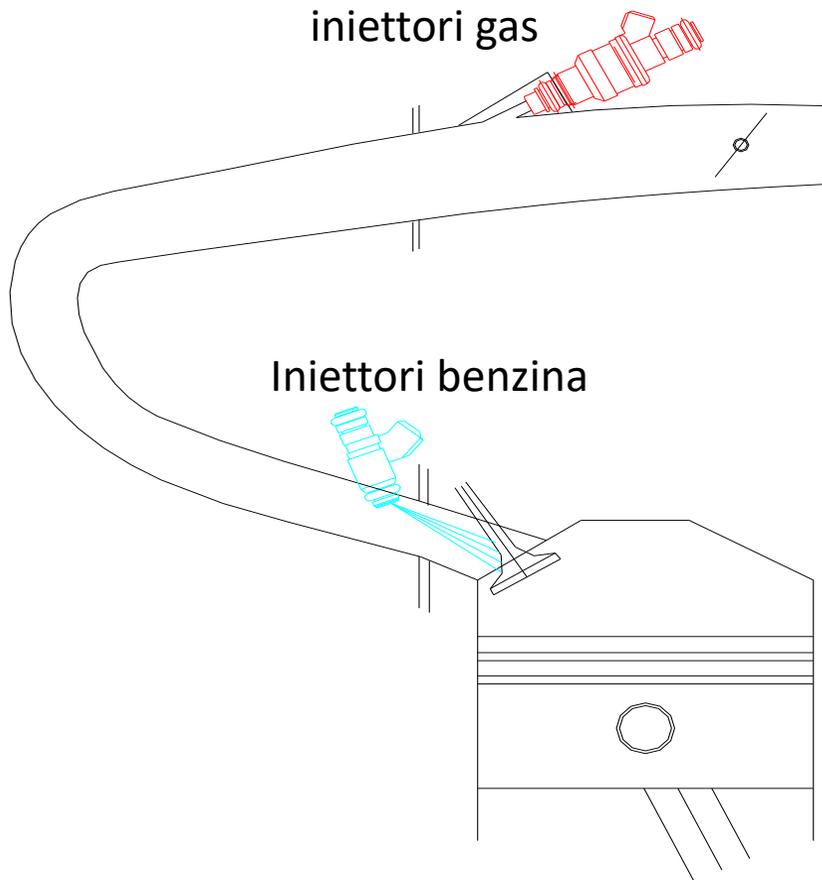
Fiat Multipla

Le problematiche affrontate



Fiat Multipla

La modifica del propulsore

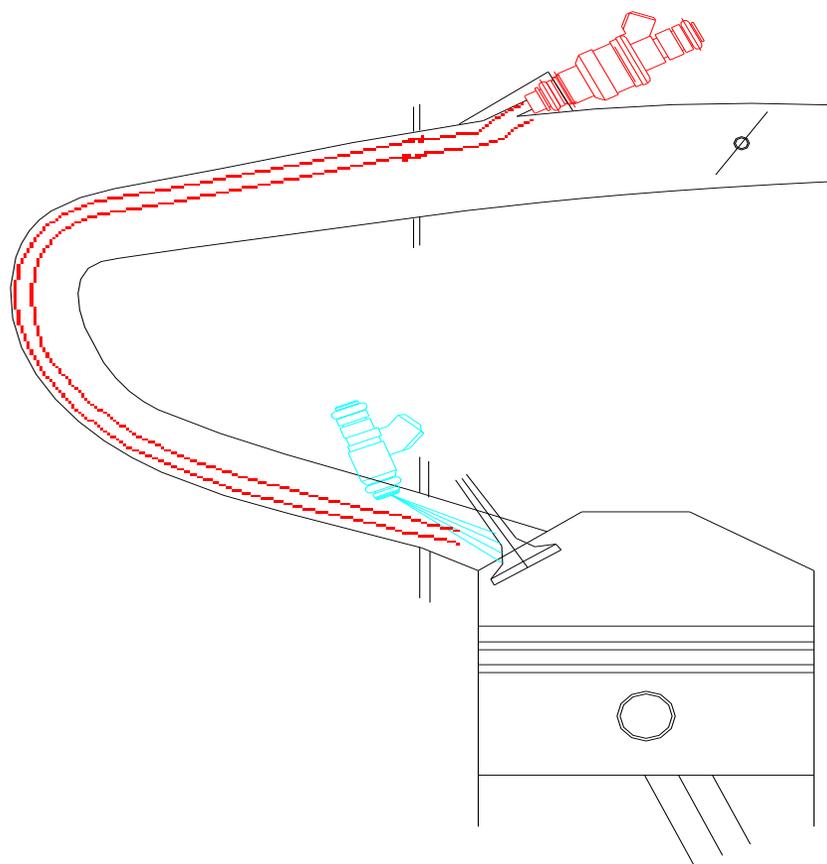


layout
originale

Con idrogeno: necessità di permettere
la miscelazione di aria e gas solo in
prossimità delle valvole di aspirazione

Fiat Multipla

La modifica del propulsore

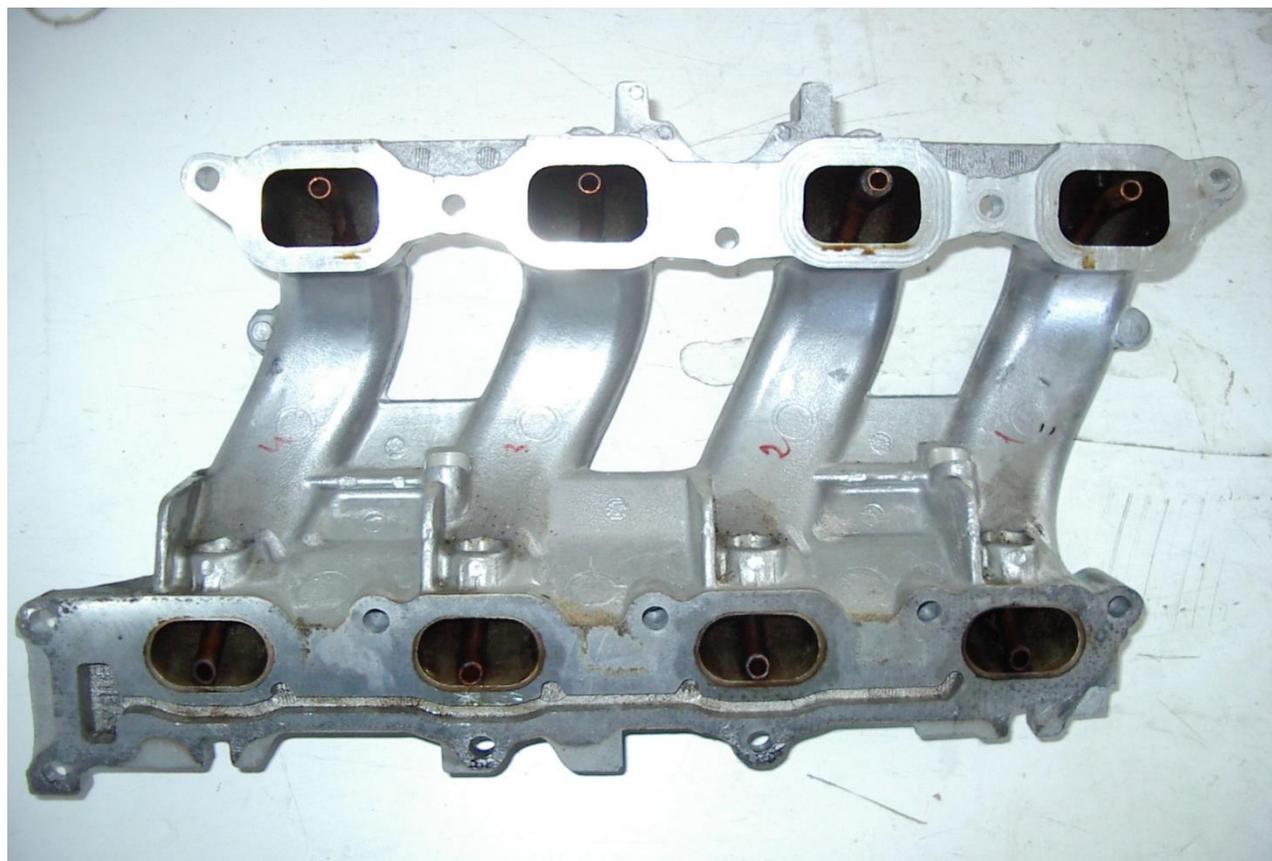
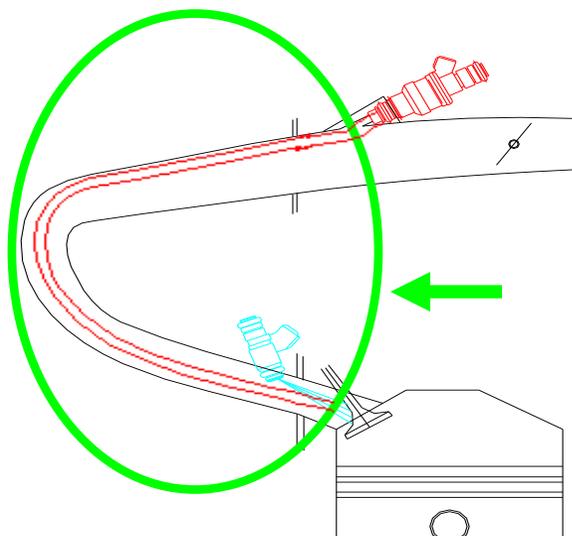


layout per
idrogeno

notevole riduzione dei ritorni
di fiamma

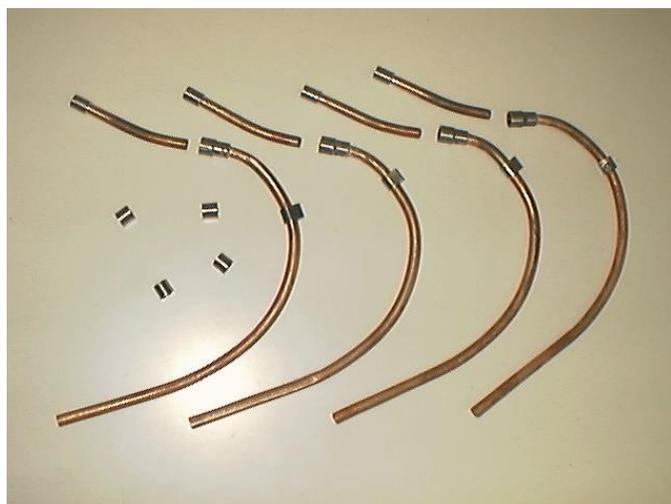
Fiat Multipla

Componenti realizzati o modificati



Fiat Multipla

Componenti realizzati o modificati



Tubi per l'adduzione dell'idrogeno

Regolatore di pressione: modifiche per incrementare la pressione di mandata agli iniettori



Fiat Multipla

Fasi della trasformazione



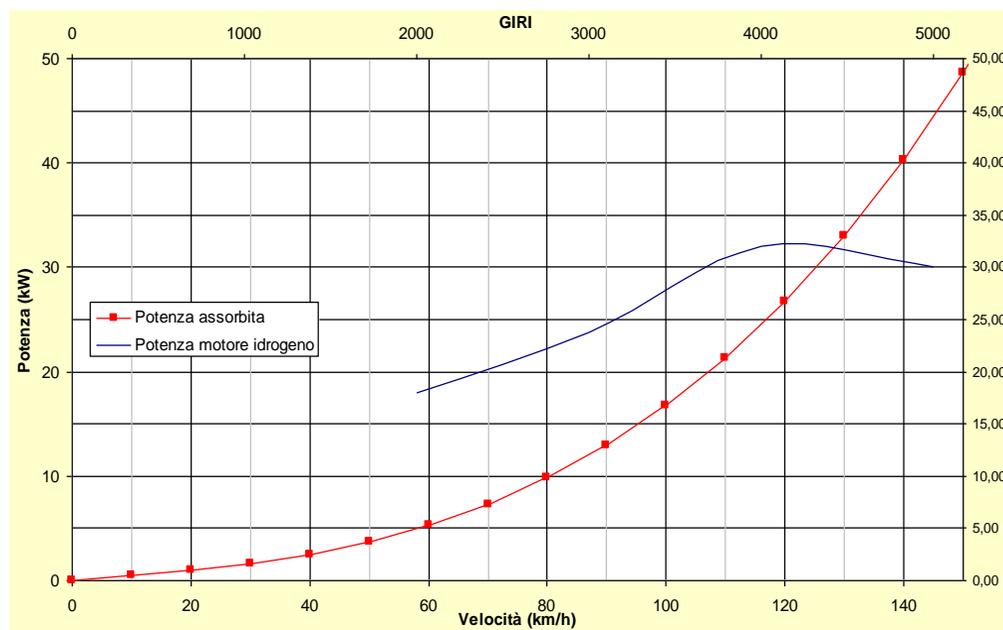
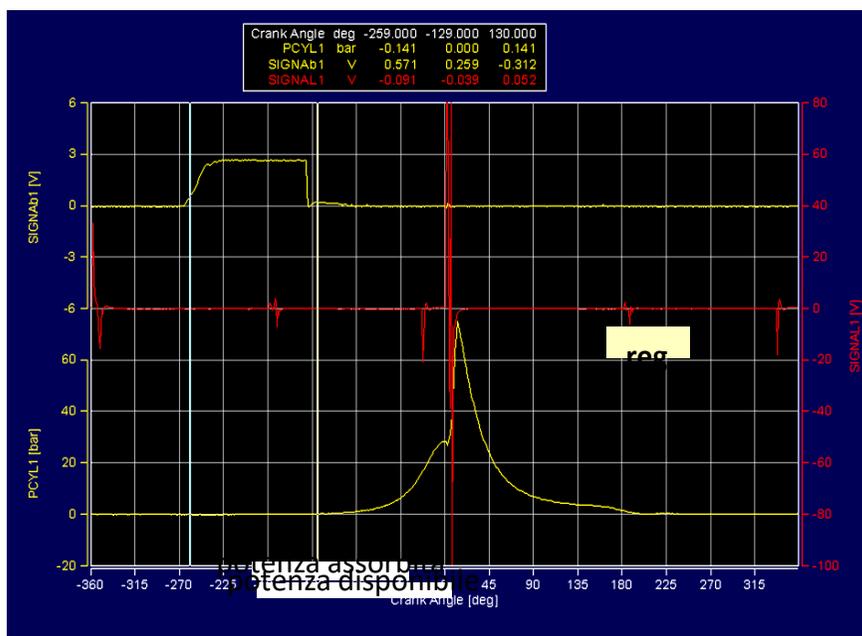
Gruppo collettori di aspirazione



Pacco bombole: necessità di sostituire le bombole originali per evitare il problema dell'infragilimento da idrogeno

Fiat Multipla

Rilievi in sala prova e prestazioni

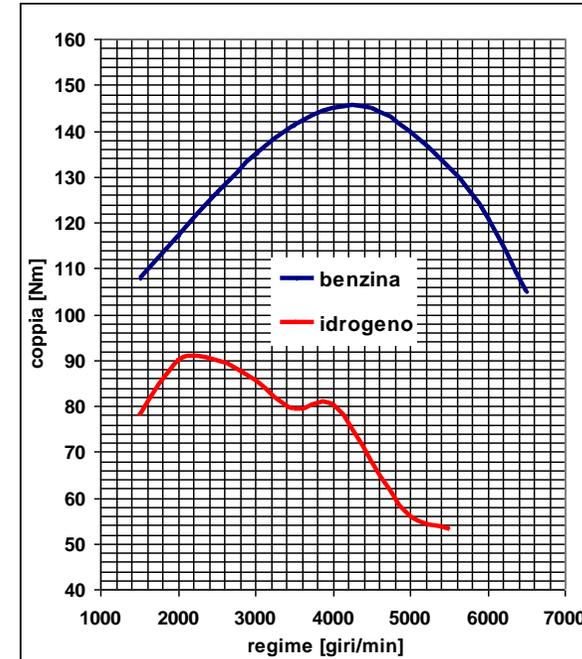
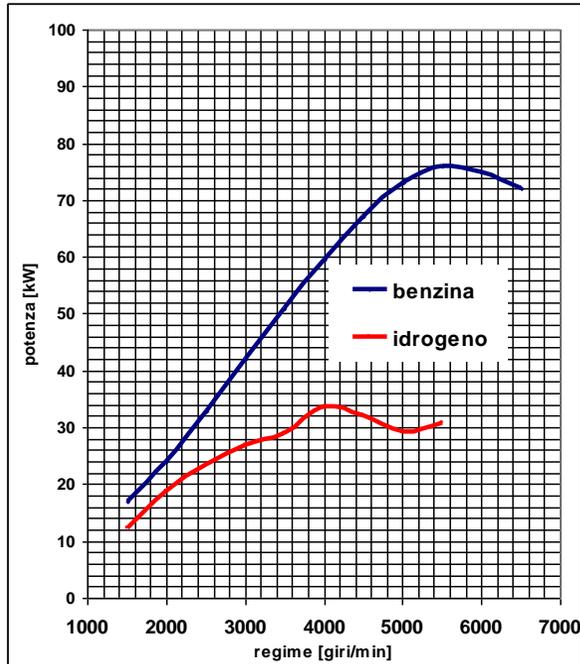


Prestazioni:

- Velocità massima circa 130 km/h
- Autonomia circa 70 km

Fiat Multipla

Rilievi in sala prova e prestazioni



- Necessità di marciare con miscele ricche per limitare i ritorni di fiamma nel collettore di aspirazione
- Potenza con alimentazione ad idrogeno inferiore al valore teorico atteso

Fiat Multipla

I limiti del progetto

- Potenza teorica nel funzionamento ad idrogeno inferiore sia al caso di alimentazione a benzina che a metano per effetto del volume perso della cilindrata (- 15% circa)
- Potenza effettiva inferiore alla teorica a causa della necessità di utilizzare miscele ricche per evitare ritorni di fiamma e irregolarità di funzionamento durante i transitori (- 50 % circa)
- Quantità di energia immagazzinata nelle bombole limitata rispetto sia alla benzina che al metano

Energia immagazzinata nelle bombole:

- Volume di gas immagazzinato a 200 bar: $0,206 * 200 = 41,2$ Nmc
- Massa di idrogeno stoccata alla pressione di 200 bar = $41,2 * 0,089 = 3,66$ Kg
- Massa di Metano stoccata alla pressione di 200 bar = $41,2 * 0,703 = 28,9$ Kg
- Energia immagazzinata a 200 bar con idrogeno = $3,66 * 120 = 439$ Mj
- Energia immagazzinata a 200 bar con metano = $28,9 * 50,4 = 1456$ Mj

Fiat Multipla Veicoli prodotti

La ricerca ha portato alla costruzione di una piccola flotta dislocata a Milano, Pontedera e Amburgo.

Un veicolo Fiat Doblò trasformato ad idrogeno ha operato regolarmente presso l'aeroporto di Amburgo ed è stato omologato dal TÜV Nord in Germania



Progetto Fiat Multipla Conclusioni

L'ipotesi di realizzare facilmente un veicolo Bi-Fuel si è rivelata poco fattibile a causa della elevata differenza di prestazioni del motore con Benzina o Idrogeno. Il problema sarebbe oggi ovviabile disponendo di un cambio automatico con diverse mappature a seconda del combustibile.

L'attività sperimentale svolta ha quindi evidenziato il limite dell'iniezione indiretta per alimentare ad idrogeno un motore a CI.

Una sovralimentazione avrebbe sicuramente diminuito il gap ma si è convenuto che la soluzione principe era quella di passare ad un sistema ad iniezione diretta.



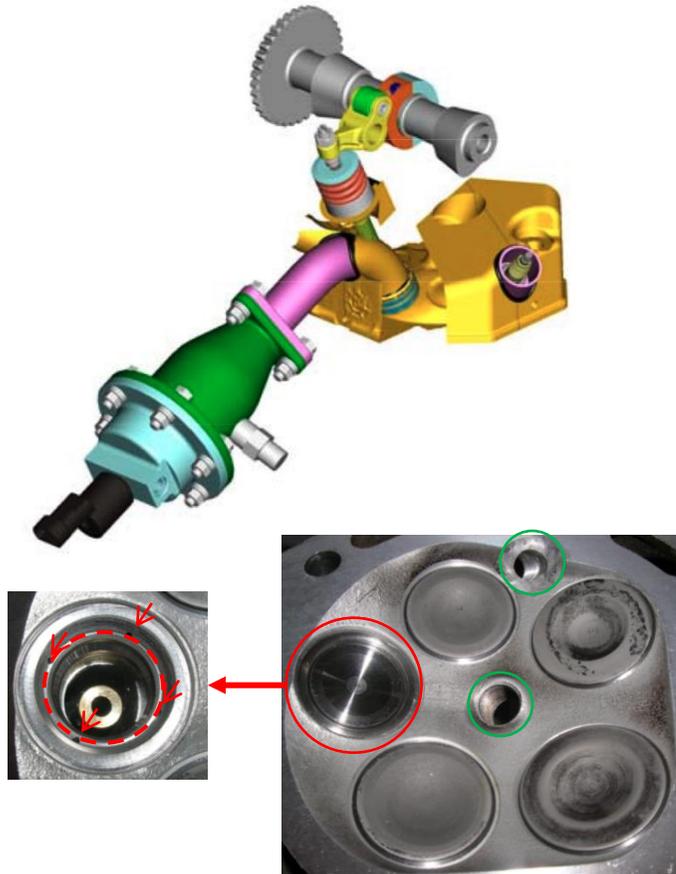
Evoluzione del progetto idrogeno

L'esperienza fatta ha portato a proporre alla Regione Toscana un progetto di ricerca teorica e sperimentale che si è concretizzato nel Progetto H2 Filiera Idrogeno svoltosi dal 2007 al 2012.

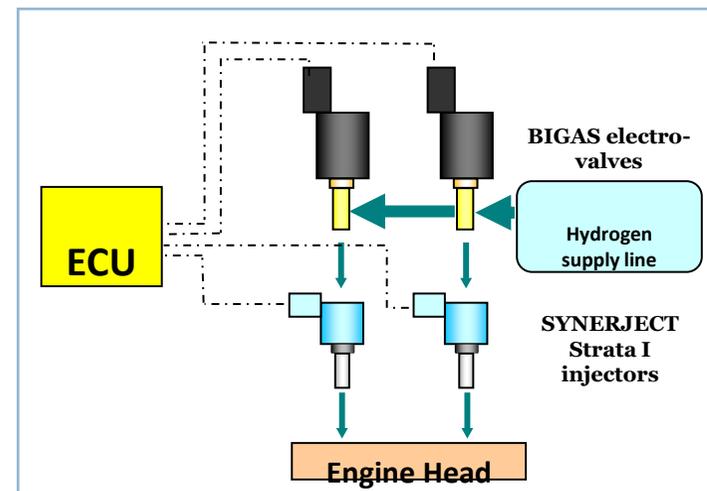
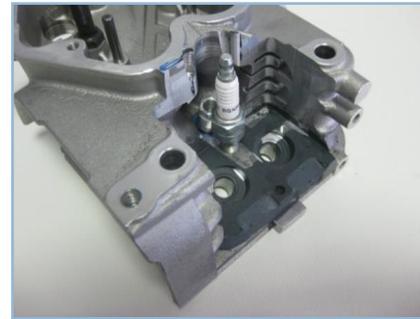
Nell'ambito di questo progetto sono state sviluppate diverse attività comprese due ricerche di possibili soluzioni per alimentare i motori a combustione interna direttamente in precamera.

Evoluzione del progetto idrogeno

Iniezione con valvola a fungo



Iniezione con iniettori a solenoide



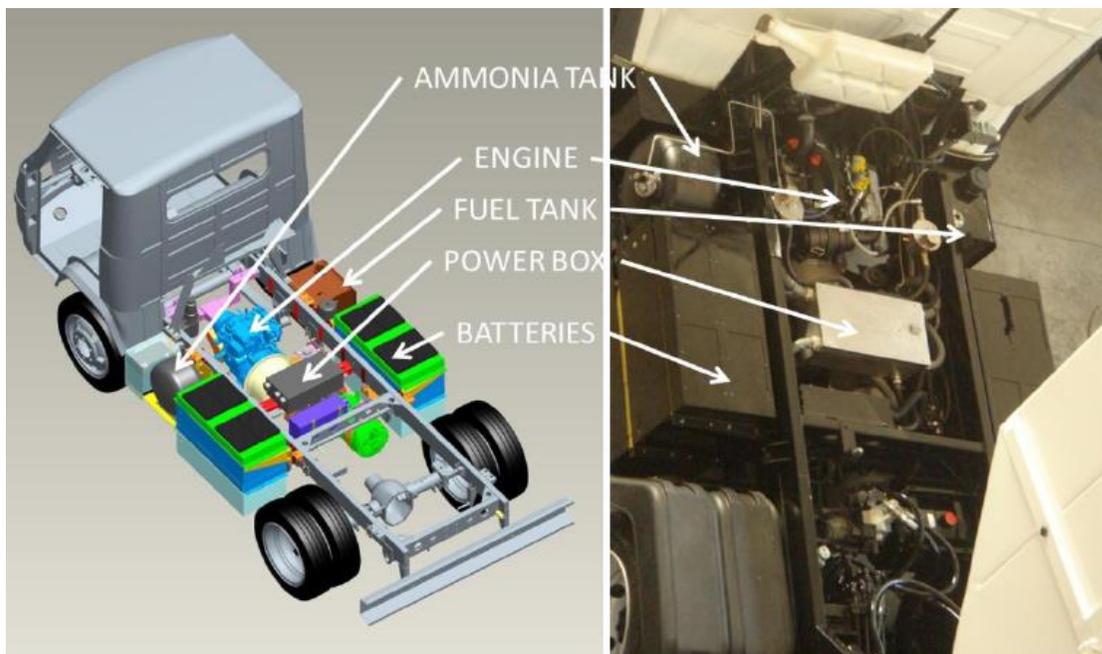
Evoluzione del progetto idrogeno

Entrambi i progetti hanno dato ottimi risultati evidenziando la bontà della scelta dell'iniezione diretta.

E' evidente che, se ci sarà uno sviluppo industriale di questo schema, sarà necessario lo sviluppo di iniettori specifici che consentano le necessarie elevate portate di gas.

Il progetto SAVIA 2009-2012

La EDI ha partecipato al progetto SAVIA trasformando un veicolo elettrico dotato di range-extender ad alimentazione Diesel, precedentemente sviluppato sostituendo il motore Diesel con uno a benzina opportunamente trasformato per alimentazione ad ammoniacca/idrogeno.



Conclusioni

Sia l'idrogeno che l'ammoniaca si sono dimostrati combustibili estremamente interessanti con diverse peculiarità.

I progetti di ricerca e sperimentazione hanno evidenziato che è possibile ottenere buone prestazioni con soluzioni tecnicamente attuabili allo stato attuale delle nostre conoscenze.

Perché sia possibile procedere nello sviluppo di una delle possibili soluzioni, è necessario che ci sia la volontà politica almeno a livello comunitario per promuovere l'utilizzo dei combustibili alternativi creando la rete di distribuzione.

Sia per l'idrogeno che per l'ammoniaca sarebbe necessario ulteriore lavoro di ricerca ma, per questo, il coinvolgimento delle industrie automobilistiche sarebbe necessario.

Tale coinvolgimento potrebbe realizzarsi solo se la volontà politica, di cui sopra, si concretizzasse.



Realtà e prospettive per la generazione e l'utilizzo dell'idrogeno

27 novembre 2020

Grazie per l'attenzione

In collaborazione con:



Marco Doveri