



ZERO REGIO UN PROGETTO EUROPEO PER UNA MOBILITA' A IDROGENO



Regione Lombardia



Comune di Mantova



La sperimentazione a Mantova fino al 2009

L'acronimo Zero Regio sta a significare progetto regionale a impatto ambientale zero. Il Progetto, co-finanziato dalla Commissione Europea nell'ambito del VI Programma Quadro, intende promuovere una mobilità a basso impatto ambientale, dunque sostenibile, mediante lo sviluppo di veicoli a Idrogeno e di infrastrutture, cioè stazioni di servizio e reti di distribuzione del gas.

Il progetto si attua in parallelo in due città europee: a Francoforte, Germania, nella regione Rhein-Main e a Mantova in Lombardia.

Grazie a questo progetto il Comune di Mantova usa quotidianamente 3 Panda a Idrogeno per attività dimostrative che proseguiranno fino alla conclusione del progetto prevista per 14 Novembre 2009.

Le Panda sono state acquistate da Regione Lombardia nel 2005 e assegnate in comodato al Comune di Mantova per la sperimentazione.

Nella prima fase (Novembre 2004-Novembre 2006) il progetto ha avuto il compito di:

- sviluppare e costruire moderne stazioni di servizio multienergy
- integrare i distributori attuali con colonnine a Idrogeno
- costruire linee di trasporto, unità di produzione, apparecchi di compressione e distribuzione di H₂
- garantire la sicurezza generale
- definire iter di approvazione di infrastrutture e veicoli ad H₂

Nella seconda fase, dimostrativa, il progetto vuole

- dotare due città di una miniflotta di auto ad H₂
- fare test sul campo
- acquisire dati su auto e infrastrutture
- analizzare e valutare i dati di funzionamento delle auto a Idrogeno: efficienza energetica, emissioni, performance
- analizzare e valutare gli aspetti socio-economici della tecnologia all'Idrogeno applicata agli autoveicoli
- disseminare e valorizzare i risultati del progetto

Coordinamento generale: IFRASERV Höchst, Francoforte (DE)

Coordinamento nazionale: Regione Lombardia (I)

Progetto co-finanziato dalla Commissione Europea

Panda a FC a Idrogeno: solo acqua dallo scarico

Come funzionano le Panda

Le Panda sono azionate da un motore elettrico, alimentato da Celle a combustibile (Fuel Cell, FC)

La cella a combustibile (Fuel cell, FC) è un dispositivo elettrochimico che converte l'energia di un combustibile in elettricità e calore.

Nel nostro caso il combustibile è Idrogeno.

L'Idrogeno, a 350 bar di pressione, è contenuto in un serbatoio di 110 litri, derivato da tecnologie spaziali.

Alla FC arriva anche l'Ossigeno dell'aria, inviato da un compressore.

Nella FC Idrogeno e Ossigeno si combinano generando energia elettrica e come sottoprodotto H_2O , acqua, che esce dal tubo di scarico.

Le Panda sono quindi a impatto zero.

Quanta energia elettrica dalle Celle a Combustibile

Ogni cella genera una tensione teorica di 1,2 volt e una tensione effettiva di 0,7 volt. Servono dunque molte celle per avere tensioni e correnti utili a far funzionare la macchina.

Sono 384 le celle installate in 3 pacchi distinti, ma assemblati, chiamati stack.

Gli stack sono alloggiati sul fondo della vettura.



Caratteristiche della vettura

- Veicolo a Celle a combustibile (Fuel cell)
- Celle a combustibile tipo PEM (a membrane poliettrolitiche)
- Motore elettrico 30 kw nom – 50 kW max
- Compressore aria di nuova generazione
- Serbatoio idrogeno in fibra di carbonio
- Idrogeno contenuto: volume 110 litri, pressione 350 bar, massa 2,4 kg
- Motore elettrico a corrente alternata a induzione
- Celle a combustibile: potenza max 90 kW
- Abitabilità 4 posti
- Peso vettura (std. A) 1400 kg
- Accelerazione 5 secondi (da 0-50 km/h)
- Velocità massima 130 km/h
- Pendenza (pieno carico) 23%
- Tempo di rifornimento < 5 minuti
- Autonomia > 200 km



Serbatoio idrogeno
110 litri @ 350 bar
Hydrogen tank

Compressore aria
200 Nm³/h @ 1.7 bar
Air compressor

Elettronica di potenza
Power electronics



Celle a combustibile
Fuel cells
max 60 kW

Motore elettrico
30 kW nom - 50 kW max
Electric motor

Radiatore raffreddamento
Cooling heat exchanger

A cura del Centro Ricerche Fiat (CRF) per FIAT GROUP

Panda a FC a Idrogeno: dove si riforniscono, dove alloggiano

Dove si riforniscono

Fino all'Agosto 2007 le Panda si sono rifornite al distributore mobile della SAPIO srl, nell'area dello stabilimento di produzione Idrogeno, nella zona di Valdaro.

Dal Settembre 2007 le Panda si riforniscono al distributore multi-combustibile (stazione multienergy ENI-AGIP), costruito dall'ENI nella zona di Valdaro.

Dove alloggiano le Panda

I garage delle Panda sono stati costruiti all'interno dello stabilimento SAPIO di Valdaro nel rispetto dei parametri di sicurezza contro incendi, esplosioni, vandalismi, furti, ecc. e del controllo termico.

Un impianto di condizionamento fa sì che nel periodo invernale la temperatura interna venga mantenuta sopra 1°C: le celle a combustibile si danneggiano se congela l'umidità che in esse si forma.

Chi le può guidare

26 persone che hanno frequentato il Corso di Formazione tenuto dal CRF, dal Comune di Mantova e da SAPIO srl, in collaborazione con Labter-Crea, dal 17 al 19 Aprile 2007.

Dei 26 piloti abilitati, 22 appartengono al Comune di Mantova, 3 a SAPIO srl e 1 a Labter-Crea.



Dove scaricano i dati

Al termine di ogni missione, all'ingresso dello stabilimento SAPIO le Panda vengono spente per una sosta di 10 minuti, utile per lo scaricamento automatico dei dati di missione: chilometri percorsi, Idrogeno consumato, velocità media, consumo medio di Idrogeno a km, ecc. La stazione di base, costituita da un PC installato dal Centro Ricerche FIAT (CRF), incamera i dati di ogni giornata in un DataBase, col quale si possono costruire i Rapporti giornalieri, settimanali, mensili, ecc. L'analisi dei dati viene effettuata dal CRF insieme con il Centro Ricerche di Ispra della Comunità Europea.



La stazione multienergy dell'ENI

Cos'è la stazione multienergy

Si tratta di un distributore tecnologicamente evoluto e innovativo.

La parte più innovativa e ad alto contenuto tecnologico è quella relativa all'Idrogeno. L'Idrogeno viene distribuito alla pressione di 350 bar mediante due erogatori, che sono collocati nelle vicinanze di due colonnine di Metano, con le quali formano l'area di distribuzione dei carburanti gassosi.

Da dove viene l'Idrogeno

Fino al Gennaio 2008 l'Idrogeno sarà portato al distributore mediante pacchi bombole dallo stabilimento SAPIO di Valdaro, che ne produce 17.000 Nm³/h per conversione del Metano con vapor d'acqua (Steam Reforming).

Dal Febbraio 2008 l'Idrogeno verrà prodotto a partire dal Gas Naturale (cioè da Metano, che vi è presente all'86% in volume) nell'area stessa del distributore mediante un reattore progettato dall'ENI. Sarà il primo distributore italiano caratterizzato dalla presenza di una unità di produzione di Idrogeno: si tratta di un reattore di piccole dimensioni (ca. 50 volte più piccolo dei convenzionali reattori di reforming).



L'unità di produzione di H₂

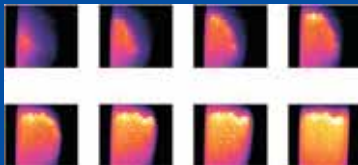
E' un vero e proprio impianto chimico quello che porta alla produzione in situ, sul posto, di Idrogeno puro al 99,995%, come richiesto dalle Fuel cell. Il cuore di tale impianto è il reattore, che utilizza un processo chimico brevettato dall'ENI e chiamato Short Contact Time - Catalytic Partial Oxidation (SCT-CPO). Il metano, miscelato ad Aria e a Vapore, viene trasformato in H₂ da un catalizzatore ad alta temperatura in pochi millesimi di secondo, cioè per un tempo di contatto brevissimo. Il reattore è preceduto da un sistema di desolforazione del gas naturale ed è seguito da trattamenti di purificazione dell'Idrogeno. L'impianto produrrà ca. 20 Nm³/h di Idrogeno.

Il compressore dell'Idrogeno

L'Idrogeno prodotto in loco per conversione del Metano o quello trasportato dalla Sapiro vengono portati ad una pressione superiore ai 400 bar da un compressore a membrana, di tecnologia statunitense, prima di essere stoccato in un recipiente in pressione, destinato ad alimentare le colonnine di distribuzione. Tutta la sezione Idrogeno del distributore è a cura della SAPIO.

Altri componenti della stazione

La stazione si compone, inoltre, di una zona distribuzione di carburanti tradizionali (benzine, gasolio, GPL e Metano), di un autolavaggio e di un self-service. Per coerenza con la filosofia del progetto, la stazione è dotata di un tetto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili.



Idrogeno: caratteristiche e dati tecnici 1

Proprietà fisiche

A temperatura e pressione ambiente l'Idrogeno è un gas inodore e incolore. A pressione ambiente (1,013 bar) occorre scendere fino alla temperatura di 20,39 K (- 253 °C circa) per poterlo avere in forma liquida.

E occorre scendere ancora a 14,01 K per ottenerlo in forma solida.

È un gas leggerissimo: in condizioni Normali (273,15 K, 1,013 bar) la densità dell'Idrogeno gassoso è 0,0899 kg/Nm³, 14 volte circa minore di quella dell'aria. Per questa ragione, quando sfugge dai contenitori, H₂ tende a portarsi negli strati più alti dell'atmosfera e a raggiungere gli spazi interstellari.

1 Nm³ (Normal metro cubo) di gas contiene 89,9 grammi circa di Idrogeno. La densità dell'Idrogeno liquido (LH) è di 70,79 kg/ m³, 14 volte circa minore di quella dell'acqua e circa 10-11 volte minore di quella della benzina.

Proprietà energetiche

Il Potere Calorifico esprime l'energia che si può ricavare dalla combustione di un determinato volume o di una determinata massa di combustibile. Viene definito Inferiore quando nei prodotti di combustione l'acqua si trova allo stato di vapore.

Potere Calorifico Inferiore (PCI)	10,80 MJ/Nm ³	3,00 kWh/ Nm ³
	119,93 MJ/kg	33,32 kWh/ kg
Potere Calorifico Superiore (PCS)	12,75 MJ/Nm ³	3,54 kWh/Nm ³
	141,86 MJ/kg	39,41 kWh/ kg

Capacità termica specifica (a p costante) $c_p = 14.199$ kJ/kg k

Capacità termica specifica (a v costante) $c_v = 10.074$ kJ/kg k

Il contenuto energetico di 1 Nm³ di Idrogeno è equivalente a quello di 0,34 litri di benzina circa.

1 litro di Idrogeno liquido equivale a 0,27 litri di benzina circa

1 kg di Idrogeno equivale a 2,75 kg di benzina circa.





Il Potere Calorifico Inferiore di alcuni combustibili

Potere Calorifico Inferiore (PCI)

Combustibile	Kwh/massa	Kwh/volume
Idrogeno	33,3 kwh/kg	3,0 kwh/Nm ³
Metano	13,9 kwh/kg	10,0 kwh/Nm ³
Gas Naturale (82-93% di CH ₄)	10,6-13,1 kwh/kg	8,8 - 10,4 kwh/Nm ³
Propano	12,9 kwh/kg	25,9 kwh/Nm ³
Butano	12,7 kwh/kg	34,4 kwh/Nm ³
Benzina	12,0 kwh/kg	8,8 kwh/l
Gasolio	11,9 kwh/kg	10,0 kwh/l
Gas di città*	7,6 kwh/kg	4,5 kwh/Nm ³
Gas di città* (% in volume) 51%H ₂ 18%CO 19%CH ₄ 2%CnHm 4%CO ₂ 6%N ₂		

Idrogeno: caratteristiche e dati tecnici 2

SICUREZZA

Caratteristiche

A condizioni ambiente l'Idrogeno non è tossico, corrosivo o ossidante, non è radioattivo, non si decompone, non è inquinante dell'acqua, non è cancerogeno.

Densità e coefficiente di diffusione

L'Idrogeno è l'elemento chimico con minore massa e minori dimensioni. Pertanto è molto più leggero dell'aria e il suo coefficiente di diffusione è quattro volte più elevato di quello del Metano: per queste ragioni tende a sfuggire facilmente dai contenitori e si disperde rapidamente nell'aria.

Infiammabilità in aria

Con l'aria dà origine a miscele infiammabili in un intervallo che va dal 4,0 al 75,0 % in volume di Idrogeno. Per fare un confronto, l'intervallo di infiammabilità delle miscele aria-Metano va dal 5 al 15% in volume di CH_4 . Per le miscele aria-benzina tale intervallo va dal 1,0 al 7,6% in volume di vapori di benzina.

L'energia di accensione delle miscele aria-Idrogeno è 0,02 mJ, molto bassa. Quella delle miscele aria-Metano è 0,29 mJ e quella delle miscele benzina-aria è 0,24 mJ.

Dunque, rispetto alle miscele aria-idrocarburo, le miscele aria-idrogeno hanno maggiore probabilità di infiammarsi per l'ampio intervallo di infiammabilità e la bassa energia di accensione richiesta.

L'Idrogeno brucia molto velocemente e con una fiamma che è pressoché invisibile all'aria e costituita da un pennacchio verticale sottile. Poiché la fiamma si esaurisce



rapidamente, i danni sono meno gravi di quelli prodotti dalle fiamme di altri idrocarburi.

Inoltre, il prodotto della combustione tra Idrogeno e Ossigeno è acqua allo stato di vapore.

Esplosività

Con l'aria l'Idrogeno dà origine a miscele esplosive in un intervallo che va dal 13 al 59% in volume di Idrogeno.

Misure preventive

Precauzioni primarie: occorre evitare fughe e la formazione di miscele esplosive, facendo installazioni all'aperto, prevedendo l'immissione di gas inerti (Azoto), l'installazione di rompifiamma, ecc.

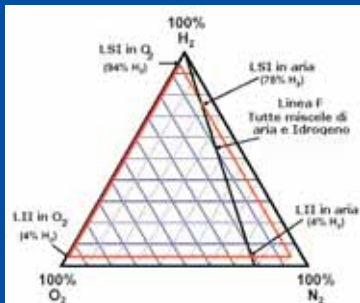
Precauzioni secondarie: evitare fonti di fiamma o inneschi di accensione di ogni tipo (scintille elettrostatiche o meccaniche)

Precauzioni terziarie: minimizzare i danni in caso di esplosione con barriere di cemento, con sistemi che rilevino l'esplosione, con dispositivi che interrompano il flusso di Idrogeno, con sistemi estinguenti, ecc.



M.R. Swain, Miami University, FL (US)

Diagramma miscele
Idrogeno (H_2)-Ossigeno (O_2)-Azoto (N_2)



LSI Limite Superiore di Infiammabilità

LII Limite Inferiore di Infiammabilità

La zona di infiammabilità' è all'interno del triangolo rosso

La Sicurezza sulle Panda a FC a Idrogeno

Le Panda a Idrogeno della flotta Zero Regio sono vetture intrinsecamente sicure perché omologate secondo le norme imposte dalla nuova direttiva europea ECE/ONU in via di approvazione (2008) e, come tali, dotate dei più avanzati dispositivi di sicurezza. Anche i componenti della linea Idrogeno sono certificati dai produttori secondo le stesse norme.

Nel caso del serbatoio di contenimento dell'Idrogeno i limiti adottati sono ancora più restrittivi di quelli prescritti a livello comunitario, a tutto vantaggio della sicurezza degli utenti. Nel processo di omologazione le auto hanno superato una serie imponente di test severi inerenti la compatibilità elettromagnetica, la funzionalità dei sensori e dei sistemi di controllo, le protezioni dalle scosse elettriche e il sistema di frenatura. Infine si sono effettuate reiterate prove di rifornimento a 200 e a 350 bar, che hanno avuto esito positivo.

BOMBOLE PER L'IDROGENO

Le bombole di Idrogeno installate sulle Panda sono costruite in composito (rivestimento termoplastico e fibra di carbonio) dalla ATK Thiocol, azienda americana che opera nel campo delle tecnologie spaziali. Secondo il codice tecnico internazionale la pressione di scoppio della bombola deve essere almeno 2.35 volte quella di esercizio; nel nostro caso, addirittura, la rottura della bombola è stata verificata al limite di 917 bar, che è circa 2.6 volte la pressione nominale di 350 bar, quindi più elevata di quella teorica prescritta dalla norma. Tali bombole sono state sottoposte a prove per verificarne le caratteristiche dichiarate dal costruttore. La verifica ha dato esito positivo.



VALVOLE DI REGOLAZIONE E DI SICUREZZA

Come detto, sono presenti valvole di regolazione della pressione e valvole di sicurezza, sia sul serbatoio che nel circuito di distribuzione dell'idrogeno. In dettaglio sono presenti:

- una **Elettrovalvola di stop** (normalmente chiusa) che, posta nella bombola-serbatoio, blocca ermeticamente l'uscita di Idrogeno in caso di urto, di rottura della tubazione, di utenza (motore o fuel cell) guasta, o spenta, ecc... La stessa cosa avviene quando si toglie la chiave dal cruscotto. La massa di Idrogeno che rimane nelle tubazioni è trascurabile;
- un **Diaframma tarato** (valvola limitatrice di pressione - PRV) ad una pressione di sicurezza, che entra in azione in caso di sovrappressione anomala;
- una **Valvola fusibile** (PRD) tarata a 104°C che ha lo scopo di evacuare il gas in caso di incendio per evitare lo scoppio della bombola;
- una **Valvola di eccesso flusso meccanica** che protegge il sistema stesso da guasti dovuti ad eccessivo flusso, ad esempio in seguito ad una fuga di gas, la valvola rileva immediatamente la perdita arrestando il flusso.



SENSORE DI CONCENTRAZIONE/FUGHE IDROGENO

Oltre ai sensori di temperatura e di pressione, il veicolo è dotato di un sensore di concentrazione di Idrogeno del Tipo Power Knowz della canadese Neodym-Technologies Inc. posto nella parte posteriore dell'abitacolo. Il sensore è posizionato in alto poiché, come si è detto, l'Idrogeno è un gas molto più leggero dell'aria. La concentrazione di Idrogeno nell'abitacolo viene misurata in ppm (parti per milione) e la segnalazione è di tipo visivo/acustica: un'icona apposta sul display comincia a lampeggiare, mentre viene emesso un segnale acustico.

Quando l'allarme acustico di concentrazione Idrogeno entra in funzione (>10.000 ppm) il sistema di controllo della vettura determina lo spegnimento automatico del sistema.



I Partner del progetto



Regione Lombardia



Comune di Mantova



Università Commerciale
Luigi Bocconi



Saviko
Consultants Ltd



www.zeroregio.com