

AUTOTRAZIONE ad IDROGENO

Sintesi

L'idrogeno si prospetta interessante per l'autotrazione, in quanto genera emissioni zero, ma ha limitazioni e proprietà critiche quali altissima infiammabilità e bassissima densità.

Motori ad idrogeno: l'idrogeno si potrebbe utilizzare già oggi negli attuali motori, iniettandolo come fosse benzina o metano, oppure si può ipotizzare di utilizzarlo in fuel cells che alimentino motori elettrici, con maggior rendimento energetico.

Fuel cells: esistono da tempo per applicazioni spaziali, hanno un piccolo mercato come unità di ripristino (1.855 unità vendute nel 2008 da uno dei maggiori produttori, Ballard, 60 M\$ fatturato); per autotrazione sono tuttora in sviluppo e, come costo, ingombro, peso, non sono ancora competitive/compatibili, quindi occorreranno ancora anni per una eventuale produzione di massa.

Trasporto e stoccaggio: l'idrogeno deve esser trasportato in serbatoi a pressione molto elevata (200-700 atmosfere), oppure liquido, a -253°C , con grande spesa energetica: costi elevati, e rischi tuttora in fase di valutazione. Tra le ipotesi l'utilizzo di miscele di idrogeno-metano, così l'idrogeno diverrebbe meno aggressivo, e fungerebbe da "superadditivo"

Produzione: oggi l'idrogeno si produce da metano, petrolio o carbone, quindi consumando energia primaria fossile e generando CO₂; l'idrogeno è solo un "vettore di energia", una partita di giro, non apporta un proprio contributo energetico. Pertanto si ha il seguente:

Bilancio energetico/ecologico/economico:

- A. a breve-medio termine: automobili che utilizzassero idrogeno direttamente negli attuali motori potrebbero vantare emissioni zero, ma non darebbero benefici ai fini di inquinamento globale, effetto serra e conservazione delle risorse energetiche, nonché bolletta petrolifera. Anzi, l'impatto globale sarebbe negativo a causa delle perdite nei vari processi intermedi
- B. a medio-lungo termine: automobili che utilizzassero idrogeno in fuel cells darebbero benefici, oltre che in locale, sull'inquinamento globale e sui risparmi energetici nella misura in cui il rendimento delle fuel cell, superiore a quello del tradizionale motore, compensasse le perdite nei processi intermedi. Permetterebbe comunque un problema di costi e di sicurezza.
- C. a lungo termine: qualora in futuro si conseguisse grande disponibilità di energia elettrica a basso costo, di origine non fossile (nucleare, solare o altro), si potrebbe produrre l'idrogeno per elettrolisi dell'acqua, con benefici energetico-ambientali

Opportunità parallele/alternative: la debolezza del settore auto spinge l'industria automobilistica a perseguire, a breve termine e con bassi costi, significative riduzioni nei consumi energetici, grosso modo comparabili con quelle ottenibili nel caso B, nonché valutare tutti i costi energetici della catena produttiva. *Ricompaiono dopo 25 anni i dispositivi stop & start per spegnere il motore al semaforo, frena il trend di continuo aumento dei pesi delle vetture, che comportava motori sempre più grandi e potenti; i motoristi antepongono i rendimenti alle prestazioni, si diffonde l'ibrido-elettrico.*

R&D: le previsioni di ingresso in produzione da parte delle Case automobilistiche continuano a slittare, ora si parla di 2015, ma la debolezza dell'auto ha ulteriormente frenato gli entusiasmi. Ricerche sull'idrogeno fervono in tutto il mondo da almeno dieci anni, e anche attività collaterali, come se l'ingresso in produzione fosse certo e prossimo.

Argomenti

1. Obiettivi/vantaggi attesi
2. Generalità e funzionamento
3. Concept car, prototipi e cenni sulle strategie
4. Produzione dell'idrogeno
 - 4.1. attuale produzione e costi
 - 4.2. ciclo dell'idrogeno
 - 4.3. processi alternativi di produzione
5. Stoccaggio e trasporto
 - 5.1. proprietà dell'idrogeno
 - 5.2. serbatoi
 - 5.3. alternative
6. Distribuzione
7. Fuel cell (FC):
 - 7.1. funzionamento
 - 7.2. costi
8. Interventi paralleli/alternativi per la riduzione dei consumi energetici nell'autotrazione
 - 8.1. start & stop
 - 8.2. downsizing
 - 8.3. miglioramento efficienza energetica
 - 8.4. trazione ibrido-elettrica

1. Obiettivi/vantaggi attesi dall'impiego di idrogeno nell'autotrazione

emissione zero di inquinanti

in particolare emissione zero di CO₂, che è ritenuta corresponsabile dell'effetto serra

rendimento più alto rispetto agli attuali motori

risparmio di energia primaria (fossile)

2. Generalità e funzionamento

L'idrogeno può essere utilizzato in due modi per alimentare vetture:

- A. in un normale motore a combustione interna (foto nella pagina successiva)
- B. in una cella a combustibile per generare corrente per azionare un motore elettrico

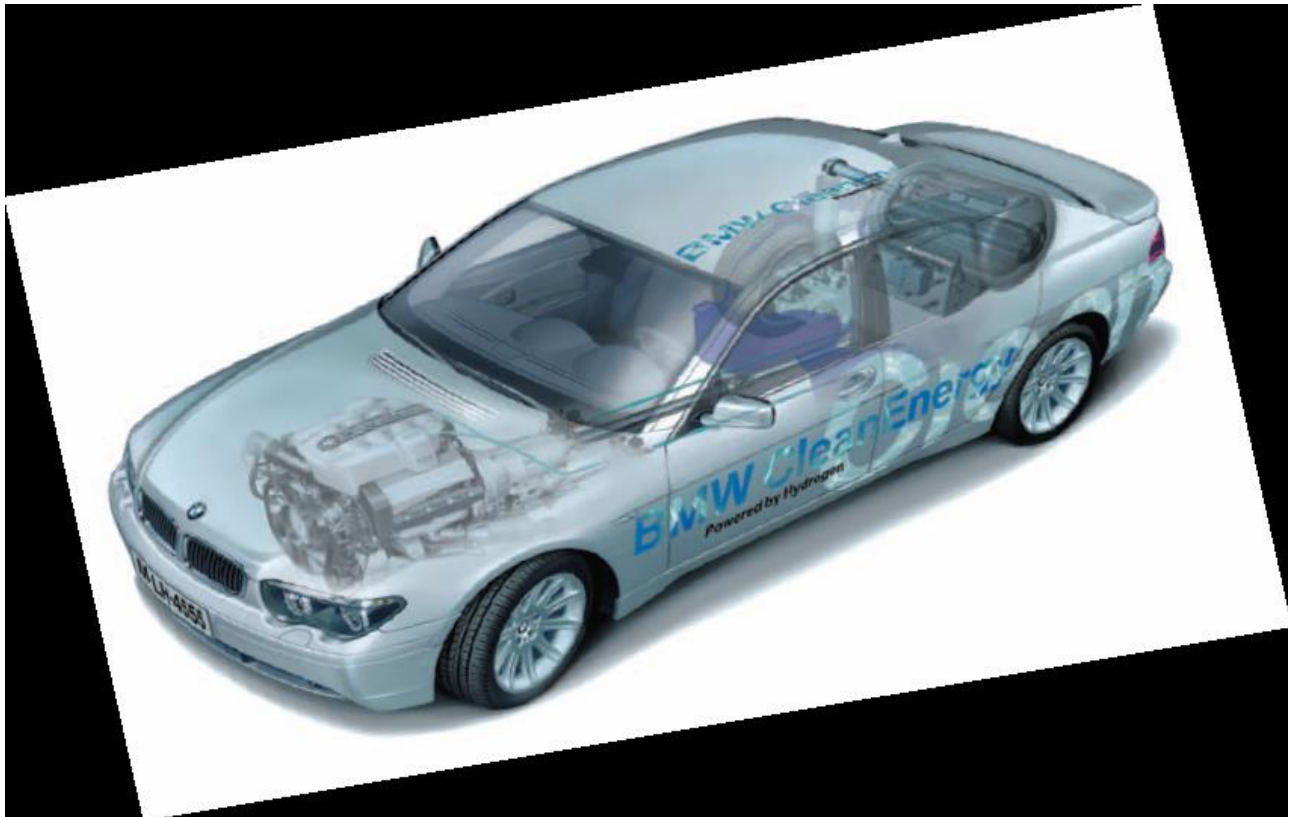
Vantaggi:

nel caso A:

- utilizzo degli attuali motori, con piccole modifiche ad alimentazione e scarico
- possibilità di utilizzare nella stessa auto benzina o idrogeno
- auto ad emissioni zero
- scarsa sensibilità alle impurità dell'idrogeno
- effetto benefico sul rendimento grazie alla grande infiammabilità dell'idrogeno

nel caso B:

- rendimento superiore: l'insieme fuel cell + motore elettrico + cambio è atteso avere un rendimento superiore rispetto agli attuali motori sia di punta, sia nell'utilizzo medio



BMW Hydrogen 7 con serbatoio di idrogeno liquido, utilizzato nell'attuale motore a combustione interna

3. Concept car, prototipi e cenni sulle strategie

Quasi tutte le Case automobilistiche negli anni 2000 hanno sviluppato prototipi o concept car ad idrogeno, ma nessuna è vicina alla produzione

Centro Ricerche Fiat

realizzata una Panda Hydrogen e un autobus

in sviluppo Phylla, city car “sostenibile”, di cui è prevista una piccola serie nel 2010 per la Regione Piemonte

Fiat e Centro Ricerche Fiat sull'idrogeno adottano una strategia “attendista”

BMW

prodotte fin dal 2001 auto ad idrogeno della Serie 7 – foto sopra – date in uso a testimonial implementate negli anni modifiche e miglioramenti

“Vista la limitata disponibilità di combustibile fossile e il rischio del riscaldamento globale, siamo convinti che la combustione ad idrogeno assumerà un posto di rilievo nelle alternative energetiche ha dichiarato a Ginevra 2009 Raymond Freymann, direttore del Bmw Research e Technology

Mercedes

una prima concept ad idrogeno nel 1994

nel 2003 una flotta sperimentale di 60 modelli F-CELL della Classe A

prevista nel 2010 una serie limitata di Classe B, alimentate a fuel-cell

M.D. Daimler nel 2008 ha parlato di “obiettivo di introduzione sul mercato al più tardi nel 2015”

Toyota

realizzato un prototipo di auto con fuel cell sviluppate all'interno (FHCV)

consegnate di recente sei unità al Governo Giapponese e ad Università americane

Durante la conferenza stampa al salone di Detroit 2009, Toyota ha dichiarato che nel 2015 saranno disponibili auto ad idrogeno nella produzione di serie.

Honda

sta consegnando alcune unità della FCX ad una clientela selezionata

inoltre sta studiando stazioni di rifornimento con **generatori fotovoltaici privi di silicio**

realizzata nel 2003 una stazione “domestica” (HES) per generare elettricità + calore + idrogeno dal reforming del metano

Hyundai

sta sviluppando al suo interno fuel cell e potrebbe avviare una piccola produzione nel 2012

Ford

costruite 30 vetture Focus ad idrogeno (3 serbatoi a 350 bar, 200 km di autonomia)

6 furgoni in servizio in aeroporti

4. Produzione dell'idrogeno

4.1 Attuale produzione e costi

Attualmente la produzione di idrogeno è pari a circa 500 miliardi di metri cubi all'anno nel mondo – *stime ENEL, ENEA riferite al 2000* – equivalenti a 45 milioni di tonnellate, quantità che secondo BMW basterebbe ad alimentare tutte le vetture circolanti nella UE.

E' quasi totalmente ottenuta da combustibile fossile:

il 50-60% da reforming di idrocarburi leggeri, principalmente metano

il 30% dal cracking di idrocarburi più pesanti (petrolio)

il 10-20% da gassificazione del carbone

il 3-4% per elettrolisi: idrogeno molto puro, adatto per fuel cell, ma costa 10 volte di più

In pratica si brucia combustibile fossile, per scomporre l'acqua in idrogeno ed ossigeno.

L'ossigeno si lega al carbonio generando CO₂

Molti stanno studiando come intrappolare e immagazzinare in qualche parte del pianeta la CO₂ così ottenuta.

I prezzi dei combustibili sono volatili:

qualora l'idrogeno costasse 1 €/m³, cioè 11 €/kg, ciò, considerando poteri calorifici e densità, equivarrebbe ad un prezzo del metano di 4.5 €/kg e della benzina di 3 €/litro.

4.2 Processi alternativi

Si stanno studiando produzioni da biomasse, rifiuti, ecc.

oppure produzione diretta nei reattori nucleari High Temperature Reactors

Il Centro Ricerche Fiat nel 2003 ha avviato una ricerca per la produzione di idrogeno da alghe marine: i risultati paiono incoraggianti.

Anche ENI è impegnata nella ricerca di produzioni alternative di idrogeno

5. Trasporto e stoccaggio

5.1 Proprietà dell'idrogeno

L'idrogeno ha proprietà che ne rendono critica la distribuzione e lo stoccaggio:

- bassissima densità: un decimillesimo rispetto alla benzina e un decimo rispetto al metano (rispettivamente 0,09 – 710 – 0,72 kg/m³)
- elevata infiammabilità:
 - l'idrogeno brucia in aria praticamente in tutte le miscele (range 4,0-74,5%), mentre il metano ha un range molto più ristretto (5-15%)
 - energia necessaria all'ignizione pari ad un decimo rispetto al metano (0,017 contro 0,28 mJoule)
 - velocità della fiamma in aria 6 volte superiore (2.65 contro 0.40 metri/secondo)
- infragilisce gli acciai

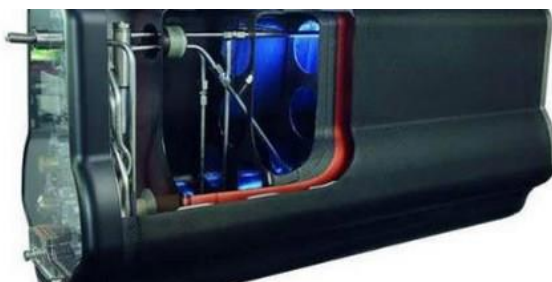
5.2 Serbatoi

La bassa densità comporta serbatoi molto grandi, pesanti e costosi, con caratteristiche inusitate nell'autotrazione, ed una limitata autonomia di marcia.

BMW ha optato per il serbatoio ad idrogeno liquido (-253°C), che comporta una grossa spesa energetica (il 30% secondo ENEA) e problemi in caso di prolungato stazionamento della vettura.

Mercedes sulla classe A utilizzava serbatoi alla pressione di 350 bar, sulla classe B prevede 700 bar. Honda, Toyota e Ford utilizzano serbatoi a 350 atmosfere.

BMW, Mercedes, Ford insieme con Air Liquide e Dynetek Europe hanno sviluppato una nuova generazione di serbatoi, in materiale composito, di peso pari ad un terzo dei modelli precedenti, per idrogeno liquido



serbatoio in composito per idrogeno liquido

(BMW, Mercedes, Ford, Air Liquide, Dynetek Europe)

5.3 Alternative

L'accettabilità o meno dell'idrogeno in auto è tra gli argomenti più controversi: il problema è valutare come si propaghi la fiamma in un eventuale incidente.

Nelle foto si vedono un'auto a idrogeno e una a benzina che bruciano:

l'idrogeno da immediatamente luogo ad una fiamma altissima che poi si esaurisce, la benzina brucia in modo più graduale



dopo 3 secondi



dopo 1 minuto

Come alternative si sono ipotizzati:

- utilizzo del metanolo invece dell'idrogeno:
si può ipotizzare un reforming a bordo del veicolo, per separare l'idrogeno, oppure l'uso diretto nelle "Celle a Combustibile con Alimentazione Diretta al Metanolo (DMFC)", che sono una tecnologia brevettata in tutto il mondo da DTI Energy, Inc. di Los Angeles
(il metanolo è tossico e induce depressione del SNC (sistema nervoso centrale) mentre i suoi metaboliti (formaldeide e acido formico) sono responsabili di danni al nervo ottico e alla retina. La dose letale per un essere umano varia da 0,3 ad 1 g per kg di peso corporeo)
- tecnologie a lungo termine quali idruri, altri materiali adsorbenti, nanotecnologie
- l'utilizzo di miscele metano-idrogeno (ENI e Centro Ricerche Fiat sono attivi in questa direzione)

Nel Regolamento (CE) n.79/2009 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 14 gennaio 2009 relativo all'omologazione di veicoli a motore alimentati a idrogeno, sono già recepite la maggior parte delle alternative sopra accennate

6. Distribuzione

Una rete di distribuzione dell'idrogeno non è impensabile (sembra ne esistano già oltre 1.000 km in Europa, di cui oltre 200 nella Ruhr), ma si preferisce puntare su impianti che producano in loco l'idrogeno direttamente dal reforming del metano

In Italia ne esistono già alcuni:

- Milano, all'interno della Tecnocity – Bicocca, inaugurato il 21 settembre 2004
- Grecciano (Pisa) - Superstrada Firenze-Pisa - luglio 2006
- Mantova: Eco-stazione Agip multiEnergy, inaugurata il 21 settembre 2007

Inoltre si prevede un distributore nel 2010 sull'autostrada A22 del Brennero, ed è stata avviata una rete di distributori in Puglia, alimentati in parte con fotovoltaico.

ENI ha realizzato una Stazione Agip MultiEnergy a Francoforte, nel parco industriale Höchst, la prima stazione pubblica in Assia per il rifornimento di veicoli a idrogeno, inaugurata il 17.11.2006.

Nel 1999 BMW, insieme ad altri partner commerciali, inaugurò all'aeroporto di Monaco di Baviera la prima stazione di rifornimento automatica d'idrogeno aperta al pubblico. Nell'autunno 2004 a Berlino la Clean Energy Partnership ha aperto l'attività della più grande stazione di rifornimento d'idrogeno a livello mondiale.



La stazione di rifornimento d'idrogeno presso l'aeroporto di Monaco di Baviera: un robot di rifornimento individua e apre il tappo del serbatoio, chiude il sistema del bocchettone in modo ermetico e rifornisce d'idrogeno la vettura BMW CleanEnergy in tre minuti circa, chiude il serbatoio e salda il conto. Non è neanche necessario uscire dalla vettura

L'industria automobilistica tedesca (BMW, DaimlerChrysler, MAN, Opel, VW), compagnie petrolifere (BP/Aral, Shell/Dea, TotalFinaElf) e l'industria dell'energia elettrica (RWE) collaborano con il Governo Federale di Germania nell'ambito del Piano Energia per il Trasporto per sviluppare una strategia per la produzione e distribuzione dell'idrogeno.

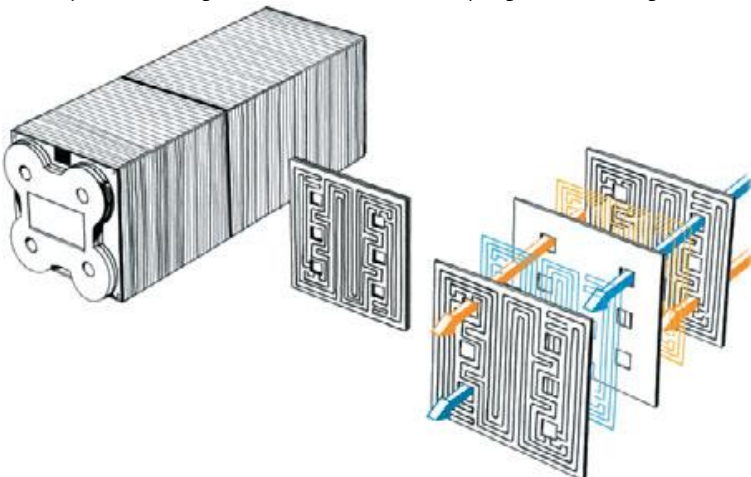
7. Fuel cells (FC)

7.1 Funzionamento

Una fuel cell funziona press'a poco come le pile elettrolitiche che si mostrano a scuola.

Il tipo di FC previsto per autotrazione è a membrana polimerica (PEM).

Con rif. allo schema: l'idrogeno (linea arancio) all'anodo (placca arancio) si separa in elettroni e protoni; i protoni attraversano la membrana quadrettata, che funge da elettrolita, e migrano verso il catodo (placca blu), gli elettroni "escono" dalla FC sotto forma di corrente elettrica, attraversano il motore elettrico e rientrano nella FC al catodo (placca blu), ove si legano con l'ossigeno (linea blu) dell'aria e gli permettono di combinarsi con i protoni idrogeno, generando acqua. Per avere sufficiente potenza si mettono più elementi in serie (lo stack di pile mostrato a sinistra) e più stack in parallelo



Elementi chiave della FC sono il catalizzatore, che oggi è al platino (e sembra che se tutte le auto fossero a fuel cell, il platino del pianeta non basterebbe), e la membrana, spessa circa 5 centesimi di millimetro, realizzata in Nafion DuPont o in PBI (polibenzimidazolo) BASF.

Le FC sono piuttosto sensibili, o suscettibili, alla presenza di impurità nell'idrogeno



fuel cell automotive

7.2 Costo

Il costo attuale delle FC per impianti stazionari è circa 1.000 €/kW, ma per automotive è prossimo a 5.000 €/kW (dati Ballard e Enea)

Il target price è 50-100 €/kW

Le Case automobilistiche sviluppano in proprio le fuel cell.

In campo stazionario, tra i principali produttori di FC figurano: Ballard, Fuel Cell Energy, Hydrogenics, IdaTech, Medis, Nuvera, Plug Power, ReliOn, Ultracell, UTC Power

8. Interventi paralleli/alternativi per la riduzione dei consumi energetici nell'autotrazione

8.1 Start & stop

In un ciclo urbano il 10% circa del consumo è da addebitarsi a soste al semaforo: un po' più per i benzina, un po' meno i diesel.

Già 25 anni fa la Fiat Regata Energy Saving era equipaggiata con un semplice, economico dispositivo per spegnere e riaccendere il motore al semaforo.

Successivamente i dispositivi start & stop sono rimasti desueti praticamente fino all'anno scorso.

8.2 Downsizing

Le auto attuali pesano mediamente il 30% più dei corrispondenti modelli di 20 anni fa, con punte del 50-60%

Ad esempio, l'attuale Fiat Punto (la "Grande Punto") pesa 150 kg più del modello precedente, e praticamente come la vecchia Lancia Thema.

Le auto attuali hanno una buona aerodinamica, ma essendo pesanti sono costrette ad avere motori grandi, potenti e pesanti per accelerarle. Ad un'auto che pesi una tonnellata basterebbero 30-40 CV per viaggiare a 130 kmh, in realtà la maggior parte delle vetture ha 100-200 CV.

Ulteriore problema è che i motori, specie a benzina, hanno un buon rendimento a carichi elevati, cioè quando l'acceleratore è premuto fin quasi a fondo, meno buono a bassi carichi: di fatto vetture da 100-200 CV operano quasi sempre in condizioni di basso rendimento

8.3 Miglioramento efficienza energetica

Per superare il suddetto problema sono possibili, e sono in corso, molti interventi per migliorare il rendimento del motore specie ai bassi carichi

8.4 Trazione ibrido-elettrica

Lo stesso effetto si consegue con la trazione ibrido-elettrica, che notoriamente è costituita da un motore un po' più piccolo, associato ad un motore elettrico che interviene quando occorre molta potenza (nelle accelerazioni), e recupera l'energia della frenata, utilizzando un non troppo pesante set di batterie

Secondo Toyota, percorrendo 20.000 km all'anno con una Prius, si emette oltre 1 tonnellata di CO₂ in meno rispetto a un'automobile diesel di dimensioni analoghe

Ovviamente molti altri interventi sono allo studio.