



Progetto H₂ Filiera Idrogeno

Risultati e prospettive


ASPETTI DI SICUREZZA

M.N. Carcassi, P. Dario V. Mattoli



LA SICUREZZA

Per nuove tecnologie o nuove applicazioni, come si affronta il problema della sicurezza?

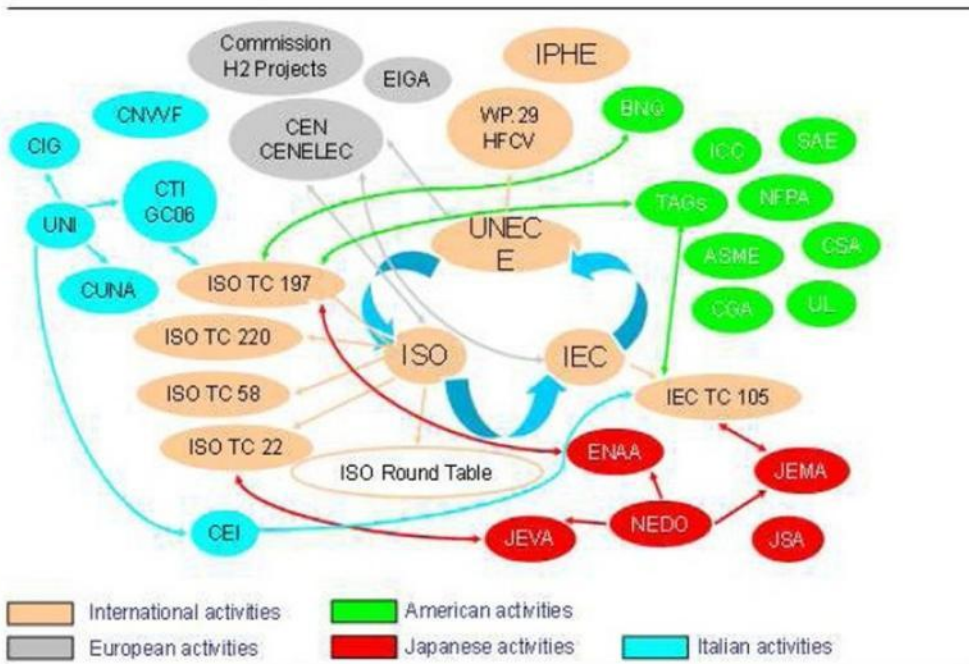
- 
- Applicazione di Direttive di Prodotto e Sociali: DISPOSIZIONI OBBLIGATORIE
 - Applicazione di Regole di Buona Tecnica contenute in Codici, Standard e Norme Internazionali (Armonizzate) e Nazionali: REQUISITI E DISPOSIZIONI FACOLTATIVE
 - Analisi di sicurezza per tutti gli aspetti non regolamentati e per analisi scenari incidentali e procedure di esercizio

LA SICUREZZA PER IL PORTER PIAGGIO

ATTIVITA' CONDOTTE DAL WP09

NORMATIVA:

Analisi del panorama mondiale della normativa applicabile ai veicoli idrogeno alimentati a celle a combustibile o con motore a combustione interna



OMOLOGAZIONE:

Analisi dei Regolamenti ECE-ONU per l'OMOLOGAZIONE e analisi delle disposizioni nazionali per TARGA PROVA

Data la difficoltà/tempi di omologazione, si è deciso di utilizzare la procedura per l'ottenimento della TARGA PROVA

LA SICUREZZA PER IL PORTER PIAGGIO

ATTIVITA' CONDOTTE DAL WP09

NORMATIVA:

Analisi delle Direttive Sociali e di Prodotto applicabili ad un veicolo idrogeno:

DIRETTIVE:

- Direttiva salute e sicurezza sui luoghi di lavoro
- Direttiva PED
- Direttive ATEX
- Direttiva MACCHINE
- etc.

LA SICUREZZA PER IL PORTER PIAGGIO

ATTIVITA' CONDOTTE DAL WP09

CODICI E STANDARD :

In particolare sono state analizzate tutte le attività portate avanti ed i documenti prodotti dalle seguenti Organizzazioni:

ORGANIZZAZIONI INTERNAZIONALI

- International Organization for Standardization (ISO)
- International Electrotechnical Commission (IEC)
- Society of Automotive Engineers (SAE)

ORGANIZZAZIONI AMERICANE

- **National Fire Protection Association (NFPA)**
- Occupational Safety and Health Administration (OSHA).
- Department of Transportation (DOT)
- American Society of Mechanical Engineers (ASME)

LA SICUREZZA PER IL PORTER PIAGGIO

ATTIVITA' CONDOTTE DAL WP09

CODICI E STANDARD :

In particolare sono state analizzate tutte le attività portate avanti ed i documenti prodotti dalle seguenti Organizzazioni:

ORGANIZZAZIONI EUROPEE

- **Commissione Economica per l'Europa presso l'ONU (UN-ECE)**
- European Committee for Standardization (CEN)
- European Committee for Electrotechnical Standardization, (CENELEC)
- **European Industrial Gases Association (EIGA)**

ORGANIZZAZIONI ITALIANE

- **Gruppo di lavoro del Ministero dell'Interno CCTS**
- Ente Nazionale Italiano di Unificazione (UNI)

LA SICUREZZA PER IL PORTER PIAGGIO

ATTIVITA' CONDOTTE DAL WP09

ANALISI DI SICUREZZA:

Analisi preliminari con l'ausilio di simulazioni CFD e prove sperimentali inerenti:

RILASCI DI IDROGENO ALL'INTERNO DELL'ABITACOLO DEL PORTER PIAGGIO PER:

- Ipotetico ingresso dal sistema di ventilazione forzata del veicolo
- Ingresso, durante soste prolungate del veicolo, per diffusione dal telaio causa ipotetiche perdite dal sistema di alimentazione idrogeno alla cella a combustibile

LA SICUREZZA PER IL PORTER PIAGGIO

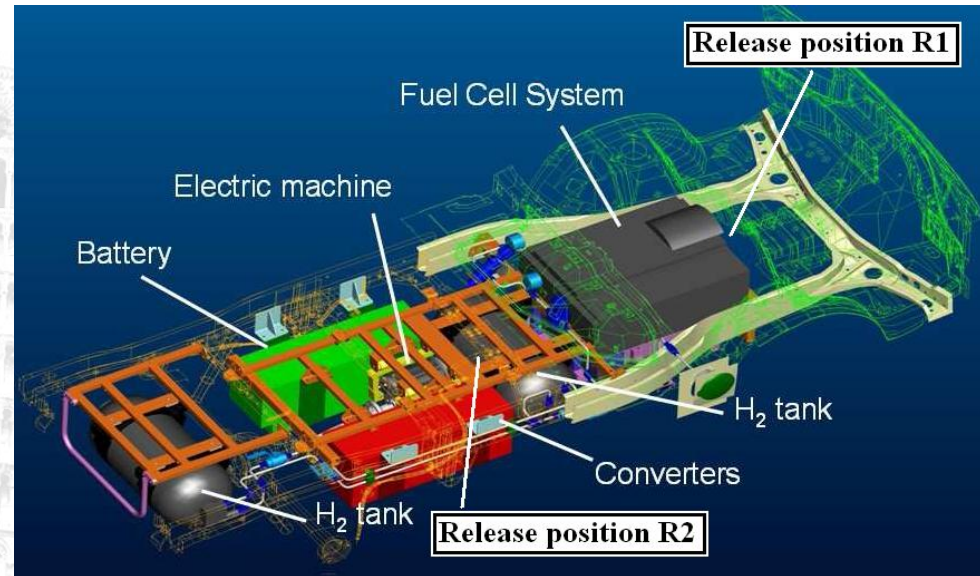
ATTIVITA' CONDOTTE DAL WP09

ANALISI DI SICUREZZA – Analisi preliminare con simulazioni CFD

Ingresso dal sistema di ventilazione forzata del veicolo



Ingresso dal telaio causa perdite tubazioni alimentazione idrogeno

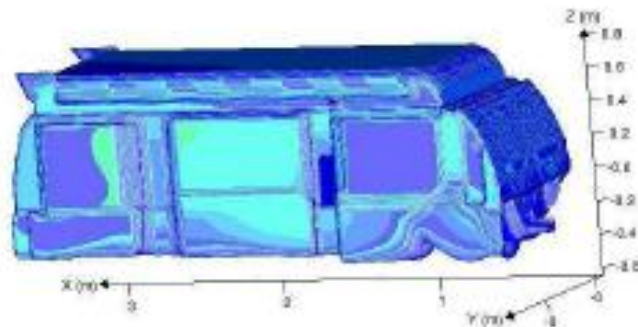


LA SICUREZZA PER IL PORTER PIAGGIO

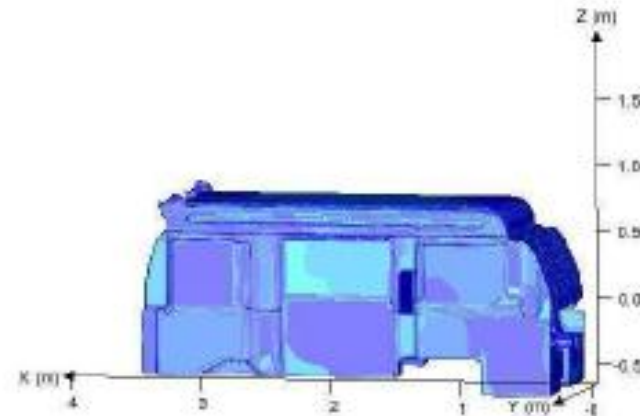
ATTIVITA' CONDOTTE DAL WP09

ANALISI DI SICUREZZA – Analisi preliminare con simulazioni CFD

Esempio di risultati simulazioni preliminari con codice CFD FLACS



Job=100180. Var=FMOLE (mol/m3). Time= 83.061 [s].
0.34 : 0.19, Y=-0.89 : 0.63, Z=-0.63 : 0.91 m



Job=100200. Var=FMOLE (mol/m3). Time= 95.093 [s].
0.04 : 3.89, Y=-0.89 : 0.63, Z=-0.63 : 1.92 m

Esempio di risultati simulazioni preliminari con codice CFD FLACS
Concentrazione idrogeno superiore al 2%vol

LA SICUREZZA PER IL PORTER PIAGGIO

ATTIVITA' CONDOTTE DAL WP09

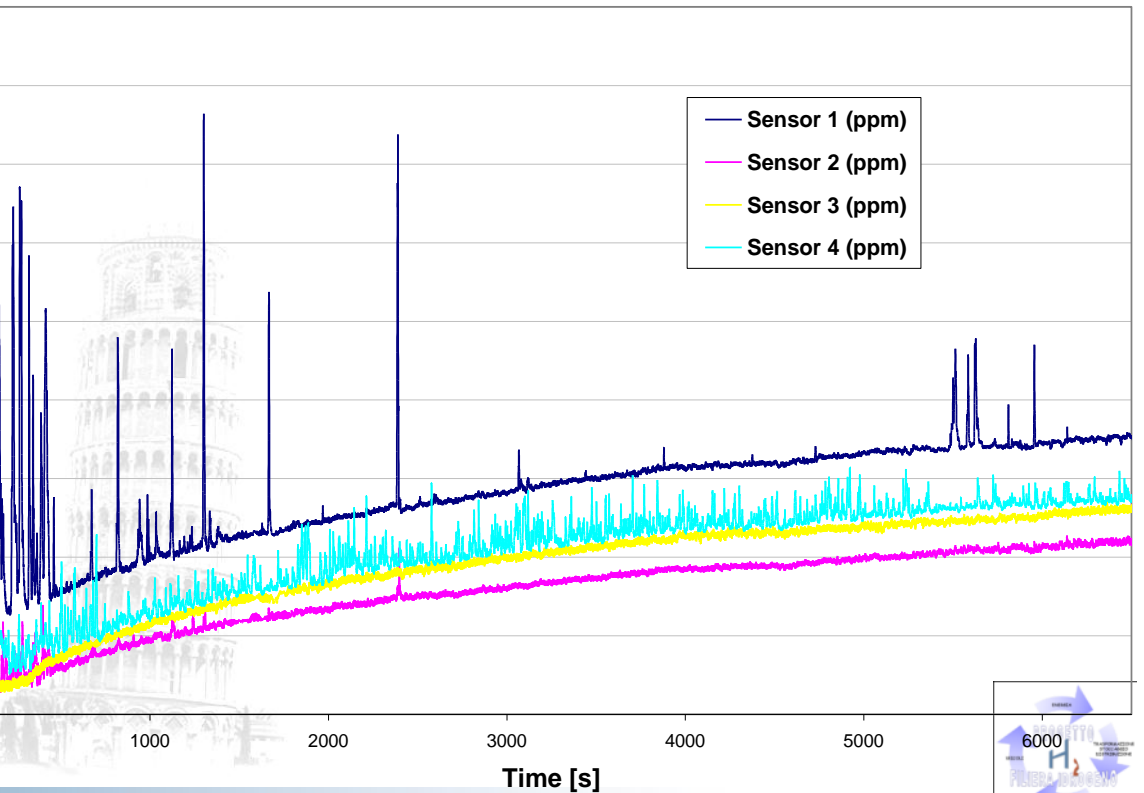
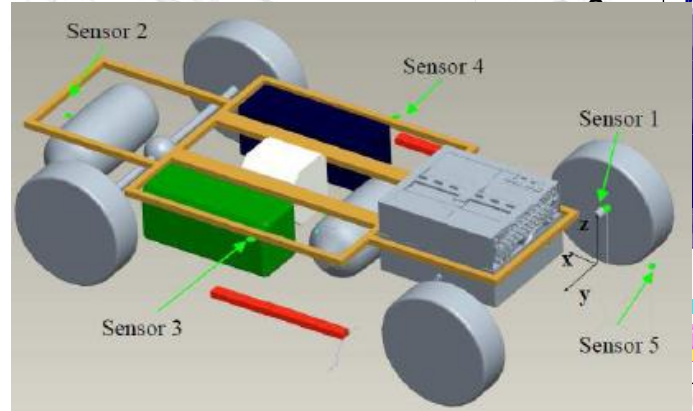
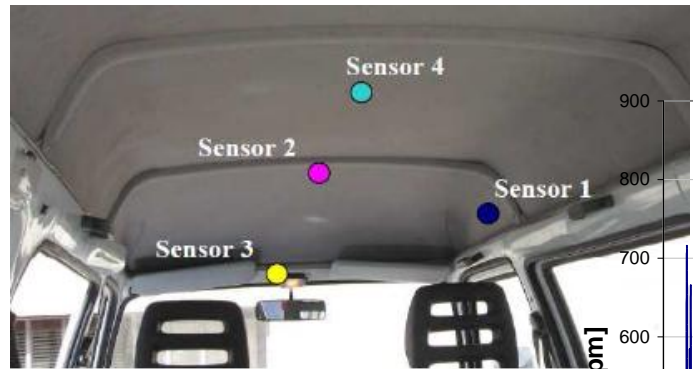
Prove sperimentali – Apparecchiatura sperimentale



LA SICUREZZA PER IL PORTER PIAGGIO

ATTIVITA' CONDOTTE DAL WP09

Prove sperimentali – Acquisizione concentrazioni idrogeno



LA SICUREZZA PER IL PORTER PIAGGIO

ATTIVITA' CONDOTTE DAL WP09

ANALISI DI SICUREZZA:

CONCLUSIONI

***IL SISTEMA IDROGENO NON
COMPORTA UN RISCHIO
AGGIUNTIVO PER I PASSEGGERI
DEL VEICOLO IN CASO DI GUASTI
RAGIONEVOLMENTE PREVEDIBILI.***



LA SICUREZZA PER IL PORTER PIAGGIO

ATTIVITA' CONDOTTE DAL WP06

WP 6 – Sistemi e Sensori per il monitoraggio dell'idrogeno

Responsabile Prof. Paolo Dario
Team Leader: Dr. Virgilio Mattoli



Sistemi e Sensori per il monitoraggio dell'idrogeno

ATTIVITA' CONDOTTE DAL WP09

Obiettivo

Studio e realizzazione di sistemi di rilevazione dell'idrogeno (H₂) per la salvaguardia della sicurezza nei veicoli da trasporto:

- prevenzione e monitoraggio delle fughe di idrogeno dal serbatoio
- prevenzione e monitoraggio delle fughe di idrogeno durante il rifornimento e lungo la filiera



Sistemi e Sensori per il monitoraggio dell'idrogeno

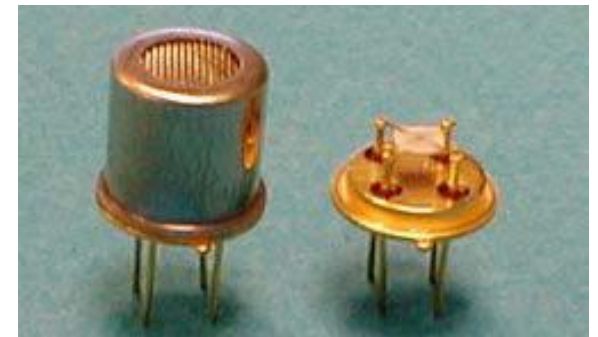
ATTIVITA' CONDOTTE DAL WP09

Attività Svolte

→ Sviluppo di un sistema innovativo di monitoraggio per idrogeno, basato su sensori commerciali, che può essere utilizzato sia all'interno del veicolo, che *stand alone* (ad esempio per l'installazione nelle stazioni di rifornimento oppure in ambienti confinati).



→ Studio e sviluppo di tecnologie di rilevazione dell'idrogeno per una nuova generazione di sensori di idrogeno miniaturizzati e *low cost*, con caratteristiche superiori a quelli disponibili in commercio.



Sistemi e Sensori per il monitoraggio dell'idrogeno

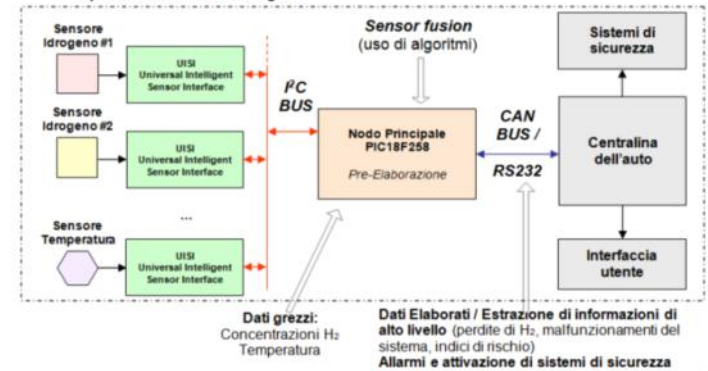
ATTIVITA' CONDOTTE DAL WP09

Sviluppo di un sistema innovativo di monitoraggio per idrogeno

Caratteristiche Desiderate

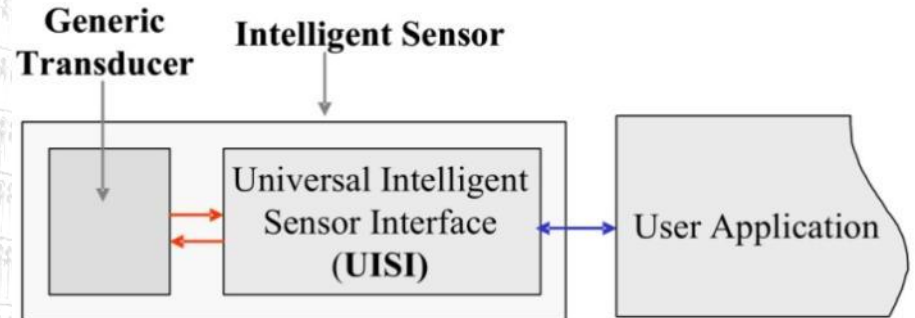
- Modularità, Scalabilità e Flessibilità
- Capacità di misura multiparametrica
- Facile integrazione di nuovi sensori (Plug and Play, Calibrazione, Sensori Intelligenti)
- Capacità di pre-elaborazione dei dati

Schema del sistema di sensori per rilevazione di perdite e accumulo di idrogeno



Soluzione Tecnologica (Interfaccia Universale per Sensori Intelligenti)

L'Interfaccia Universale per Sensori Intelligenti - UISI - è studiata per trasformare in maniera semplice e immediata un generico trasduttore in un sensore intelligente con caratteristiche di integrabilità di tipo *Plug and Play*



Sistemi e Sensori per il monitoraggio dell'idrogeno

ATTIVITA' CONDOTTE DAL WP09

Sviluppo di un sistema innovativo di monitoraggio per idrogeno

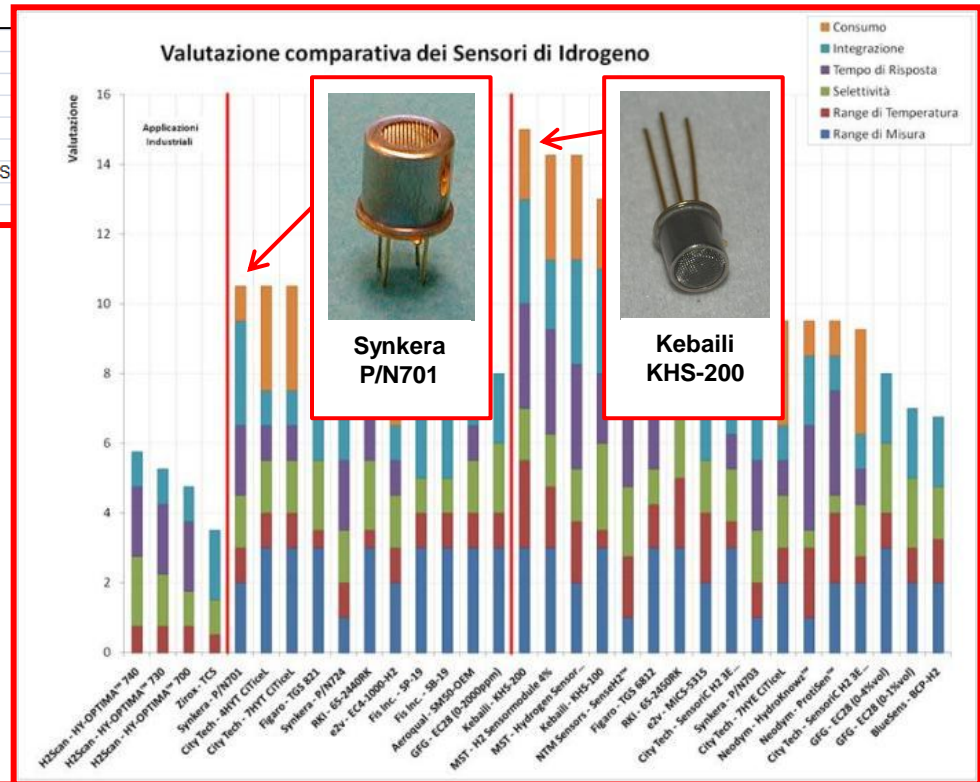
Analisi dello stato dell'arte dei sensori e delle tecnologie → Scelta dei componenti più adatti

Sensori commerciali per l'idrogeno

Produttore	Modello	Tecnologia
Figaro	TGS 821	MOX
Figaro	TGS 6812	MOX
Aeroqual	SM50-OEM	n. d.
Synkera	P/N701	MOX
Synkera	P/N703	MOX
Synkera	P/N724	MOX - MEMS
BlueSens	BCP-H2	n. d.
H2Scan	HY-OPTIMA™ 700	n. d.

SCELTA DEL sensore BASATA SU:

- Range di misura
- Range di Temperatura
- Selettività
- Tempo di risposta
- Integrazione
- Consumo



Nota: il sistema richiede l'utilizzo di due tipologie di sensori:

- Sensori per le perdite (leakage sensors)
- Sensori per la soglia di esplosività (LEL, Lower Explosive Limit)

Sistemi e Sensori per il monitoraggio dell'idrogeno

ATTIVITA' CONDOTTE DAL WP09

Sviluppo di un sistema innovativo di monitoraggio per idrogeno

Progettazione dell'apparato di monitoraggio dell'idrogeno

Progettazione:

Definizione Architettura e Interfacce

Design Hardware

Design Software

- *FirmWare per la gestione sensori*

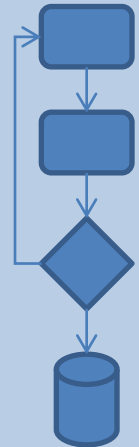
- *FirmWare per la comunicazione I2C*

- *FirmWare per la comunicazione CAN*

- *FirmWare per Sensor-Fusion*

- *SoftWare per la configurazione delle schede di interfaccia UISI (+TEDS)*

- *SoftWare di Debug e Test*



Sistemi e Sensori per il monitoraggio dell'idrogeno

ATTIVITA' CONDOTTE DAL WP09

Sviluppo di un sistema innovativo di monitoraggio per idrogeno

Realizzazione dell'apparato di monitoraggio dell'idrogeno

Sviluppo:

Sviluppo Hardware

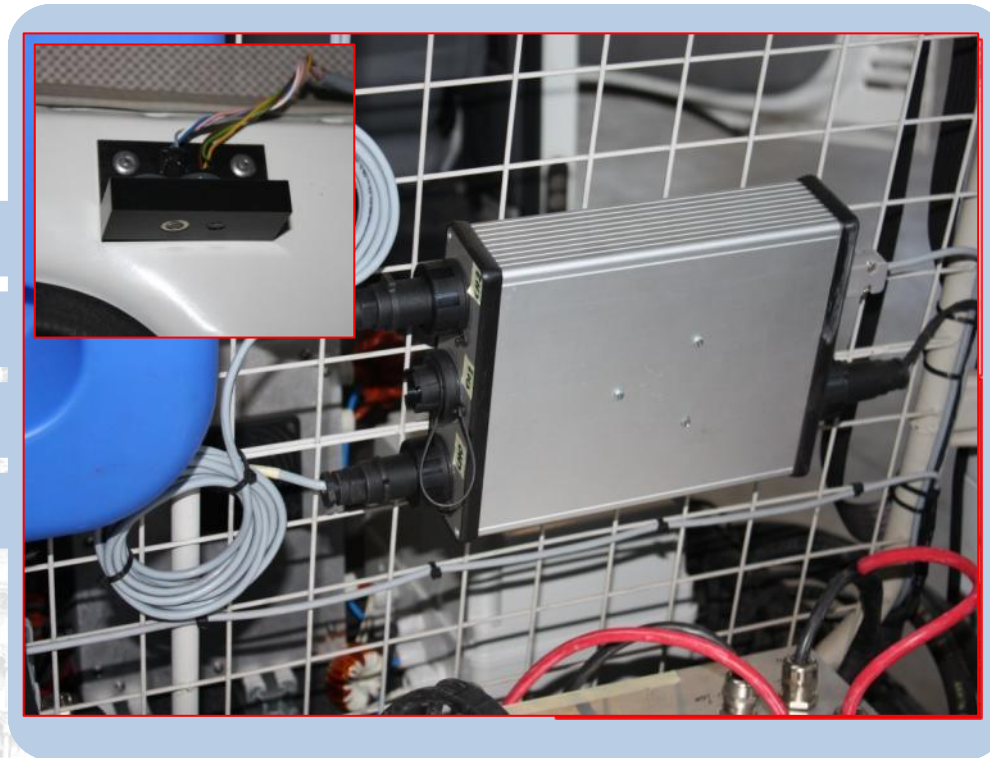
Sviluppo Software/Firmware

Integrazione Sensori

Integrazione nel veicolo

Due punti di monitoraggio:

- Uno all'interno del vano passeggeri
- Uno sotto il veicolo, vicino alle bombole e ai raccordi



Sistemi e Sensori per il monitoraggio dell'idrogeno

ATTIVITA' CONDOTTE DAL WP09

Sviluppo di un sistema innovativo di monitoraggio per idrogeno

Test degli apparati di monitoraggio

Test:

Test di componenti - UI SI

Test di componenti - Sensori

Test in laboratorio del sistema

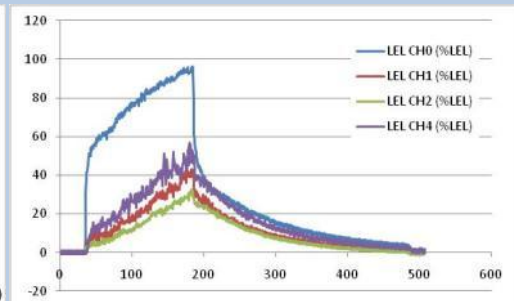
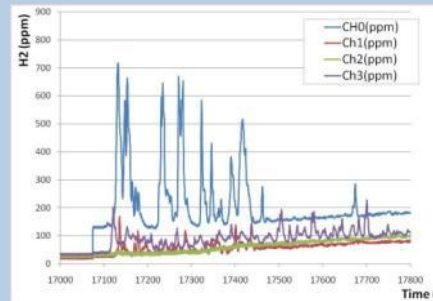
Test in campo del sistema

Avviati i test in Campo

IN COLLABORAZIONE CON WP9 - SICUREZZA

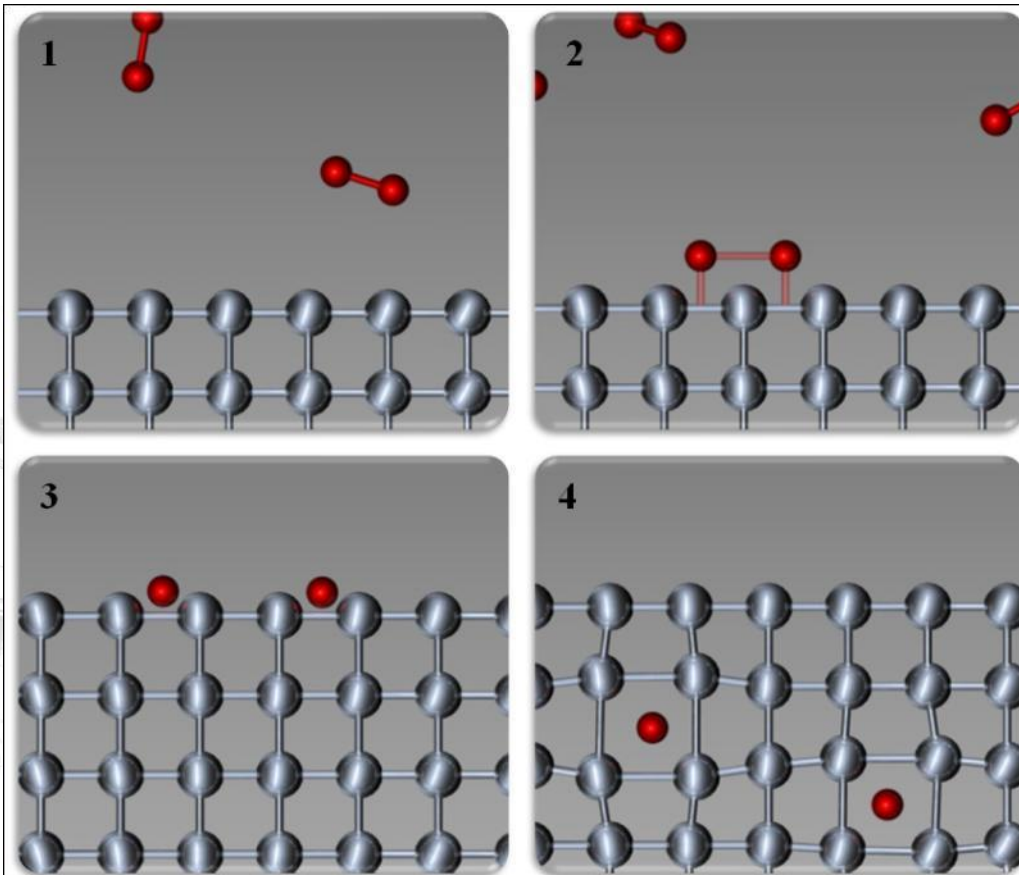
-Validato il funzionamento dei sensori in scenario reale

- Idrogeno rilasciato all'interno del Piaggio Porter in diverse condizioni



Tecnologie per la rilevazione dell'idrogeno

Il palladio e l'affinità per dell'idrogeno



Il palladio (Pd) ha una forte affinità per l'idrogeno e ne assorbe le molecole come una spugna, in maniera reversibile.

L'assorbimento di idrogeno cambia le proprietà elettriche del metallo (in particolare la resistenza): tale variazione viene sfruttata per la rilevazione dell'idrogeno.

Sistemi e Sensori per il monitoraggio dell'idrogeno

ATTIVITA' CONDOTTE DAL WP09

Studio e sviluppo di tecnologie di rilevazione dell' idrogeno

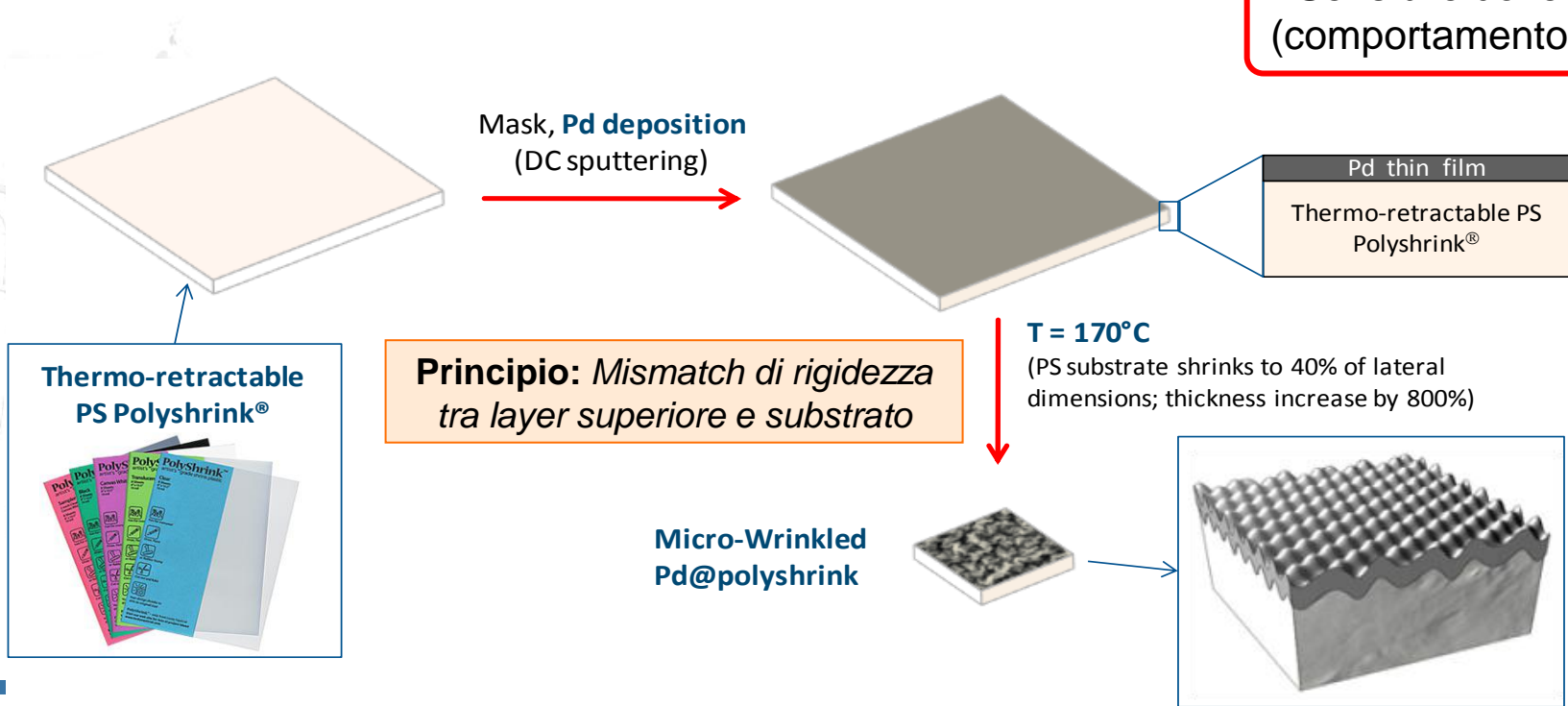
La nuova tecnologia

Sviluppata una nuova tecnologia basata su
Film di Palladio Micro-nano strutturati



Vantaggi:

- Fabbricazione veloce
- Basso costo
- Tempo di risposta veloce
- Sensibile dove serve (comportamento a soglia)

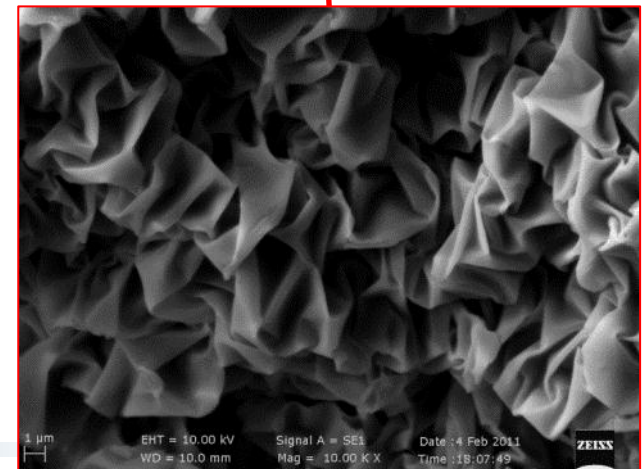
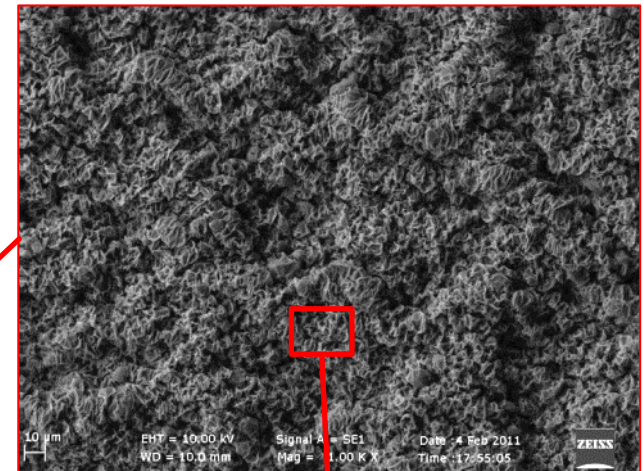
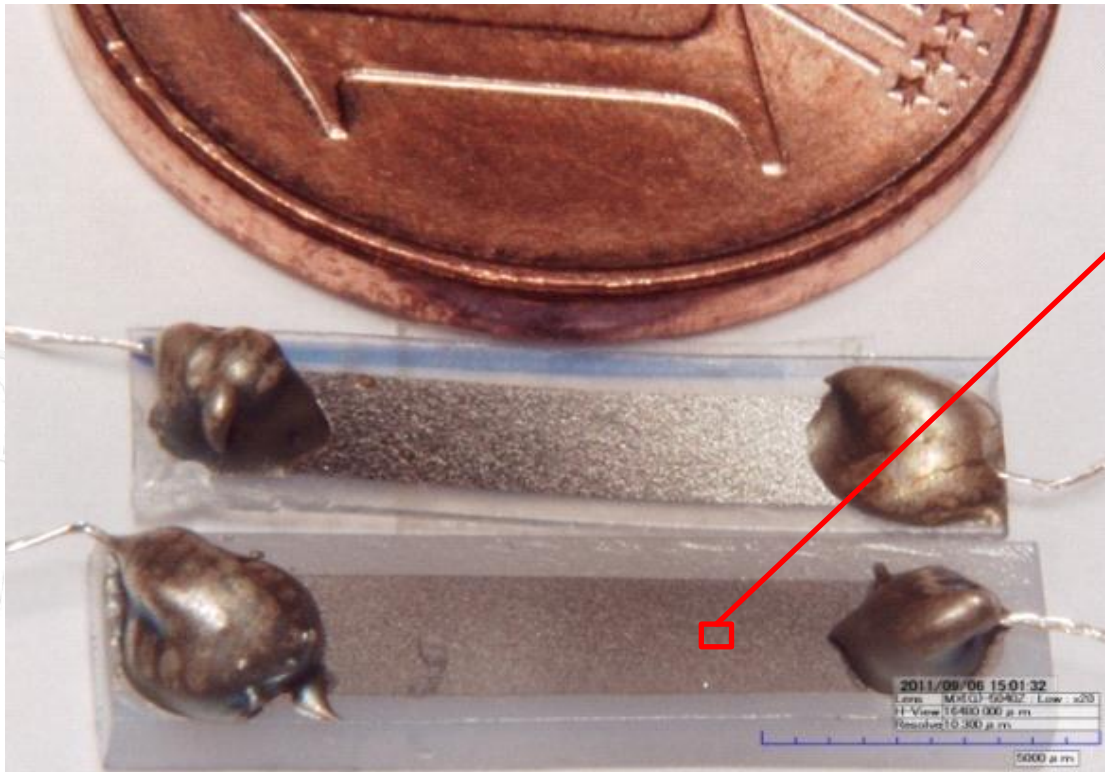


Sistemi e Sensori per il monitoraggio dell'idrogeno

ATTIVITA' CONDOTTE DAL WP09

Studio e sviluppo di tecnologie di rilevazione dell' idrogeno

Realizzazione dei nuovi sensori di idrogeno



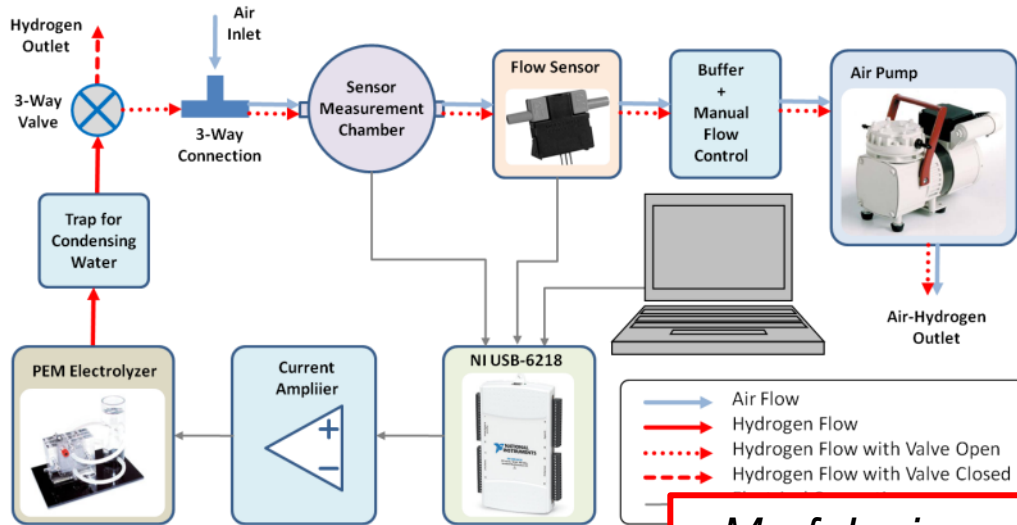
Grande Area Effettiva → Sensibilità, Velocità di risposta

Sistemi e Sensori per il monitoraggio dell'idrogeno

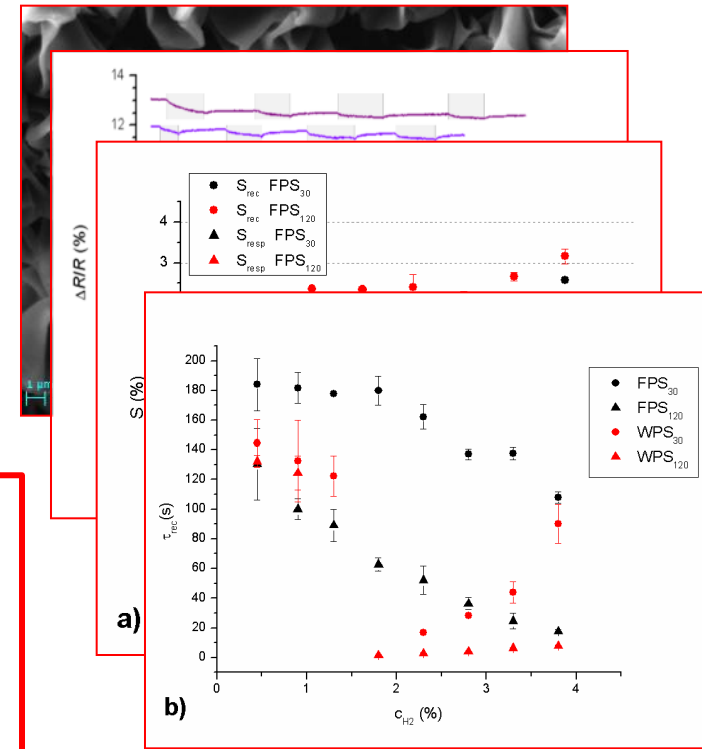
ATTIVITA' CONDOTTE DAL WP09

Studio e sviluppo di tecnologie di rilevazione dell' idrogeno

Test dei nuovi sensori di idrogeno



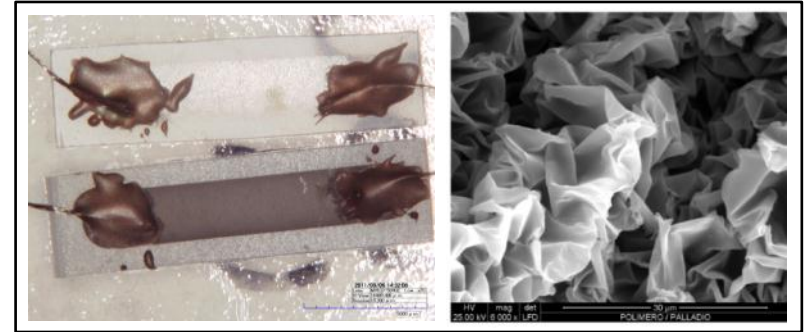
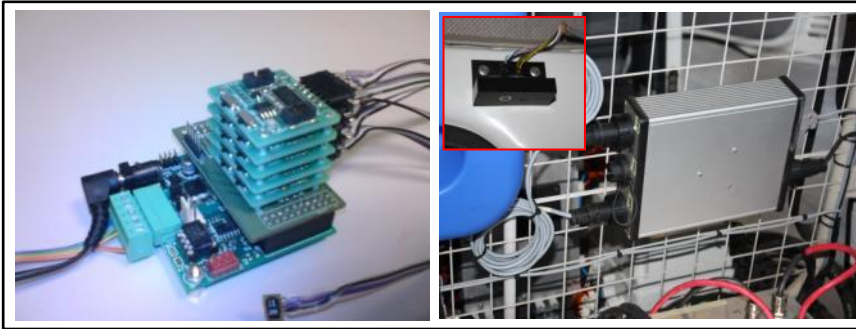
- *Morfologia*
- *Sensibilità*
- *Tempi di risposta*
- *Stabilità*
- *Meccanismi*



Risultati raggiunti dal WP6

Sviluppo di un sistema innovativo per il monitoraggio dell'idrogeno

Sviluppo di una nuova tecnologia per sensori low-cost di idrogeno



Publicazioni Scientifiche

- F. Greco*, L. Ventrelli, P. Dario, B. Mazzolai and V. Mattoli*, "Micro-wrinkled Pd surface for hydrogen sensing and switched detection of Lower Flammability Limit", **International Journal of Hydrogen Energy**, In Press.
- M. Schiavetti*, V. Mattoli, G. Lutzemberger, P. Dario and M. Carcassi, "Experimental study of hydrogen releases in the passenger compartment of a Piaggio Porter", **International Journal of Hydrogen Energy**, In Press.
- V. Mattoli*, A. Mondini, B. Mazzolai, G. Ferri and P. Dario, "A Universal Intelligent System-on-Chip Based Sensor Interface". **Sensors**, vol. 10(8), pp. 7716-7747, 2010.
- F. Greco, V. Mattoli*, L. Ventrelli, P. Dario, *Microstructured palladium thin film for hydrogen sensing*, Proceedings of **MEMS in Italy**, Otranto (Lecce) 28 June - 1 July 2010
- F. Greco*, L. Ventrelli, P. Dario and V. Mattoli*, *Micro-wrinkled Pd surface for hydrogen sensing and switched detection of Lower Explosive Limit*, Submitted to the 4th International Conference on Hydrogen Safety **ICHS 2011**, September 12-14, 2011, San Francisco, US
- M. Schiavetti*, V. Mattoli, G. Lutzemberger, P. Dario and M. Carcassi, *Experimental study of hydrogen releases in the passenger compartment of a Piaggio Porter*, Submitted to the 4th International Conference on Hydrogen Safety **ICHS 2011**, September 12-14, 2011, San Francisco, US

