

Prototipi di auto idrogeno/elettriche del Politecnico di Milano



Gianmarco Gaimarini
Politecnico di MILANO - Dipartimento di Meccanica
gianmarco.gaimarini@polimi.it



Paola Villani
Politecnico di MILANO - D1AR Sezione Infrastrutture viarie,
sistemi di trasporto e movimentazione
paola.villani@polimi.it

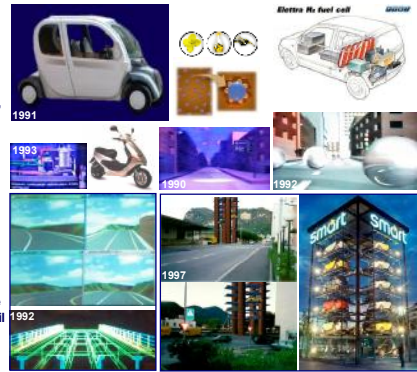
Ecomobility2010 Sessione Progetti e prototipi 17 aprile 2010
Montecatini Terme - Concorso SIDA Dacia

ecomobility2010
MONTECATINI TERME 16-17-18 APRILE



Già alla fine degli anni '80 al Politecnico di Milano si studiavano soluzioni innovative nel settore trasporti, pannelli a messaggio variabile, veicoli ibridi, autovetture senza limitazioni di autonomia poiché dotate di due motori: uno tradizionale endotermico e l'altro elettrico per gli spostamenti in ambito urbano.

Tesi di laurea, concorsi, progetti, prototipi (alcuni anche in collaborazione con il Centro Ricerche FIAT)



ecomobility2010
MONTECATINI TERME 16-17-18 APRILE

Prototipi di auto idrogeno/elettriche 17 aprile 2010



Politecnico di MILANO
gianmarco.gaimarini@polimi.it
paola.villani@polimi.it

Prototipi: innovazione e ricerca

Sono trascorsi vent'anni e al Politecnico si continuano a studiare e progettare veicoli innovativi.

I prototipi costruiti per la competizione non sono utilizzabili sulla rete stradale ma rappresentano il futuro: si inizia sempre con soluzioni "speciali" e "tipizzate" per una specifica evenienza (in questo caso la Eco-marathon) ma quasi tutte le innovazioni nascono in questo modo: pensate per uno specifico scopo e poi, con alcune piccole o grandi modificazioni, utilizzate in larga scala.

Fu così per i primi pneumatici, montati dai fratelli Michelin per partecipare alla Parigi-Bordeaux del 1895.



I pneumatici (già in uso sulle biciclette) vengono montati per la prima volta nel 1895 su una Peugeot a 4 cavalli per disputare la Parigi - Bordeaux



ecomobility2010
MONTECATINI TERME 16-17-18 APRILE

Prototipi di auto idrogeno/elettriche 17 aprile 2010



Politecnico di MILANO
gianmarco.gaimarini@polimi.it
paola.villani@polimi.it

I due prototipi: ARTEMIDE e APOLLO

I due prototipi X-Team (Artemide e Apollo) rappresentano veicoli da corsa studiati appositamente per la Shell Eco-marathon ma le innovazioni introdotte indicano linee di tendenza per tutta l'industria automobilistica. Il Politecnico di Milano partecipa con due prototipi alla **Eco-marathon 2010** (a Houston, Texas e a Lausitz, Germania):



Artemide
(fuel cell a idrogeno)

La Shell Eco-marathon è incentrata sulla mobilità sostenibile: protezione dell'ambiente, efficienza energetica e ricerca.



Apollo
(solare)

ecomobility2010
MONTECATINI TERME 16-17-18 APRILE

Prototipi di auto idrogeno/elettriche 17 aprile 2010



Politecnico di MILANO
gianmarco.gaimarini@polimi.it
paola.villani@polimi.it

ARTEMIDE

ARTEMIDE (acronimo di Aerodinamica Rotolamento Telaio Elettronica Modellazione Idrogeno DDesign) grazie alle costanti innovazioni migliora le proprie prestazioni del 30% e si colloca quinto per la classe "veicoli a idrogeno" ed ottavo nella classifica dei prototipi a basso impatto che hanno partecipato alla European Shell Eco-Marathon 2009 sul circuito Eurospeedway di Lausitz (Germania).

Nel 2008 è stata modificata la propulsione adottata nelle tre gare precedenti: XTEAM affianca al motore a benzina (35cc) due motori elettrici alimentati da fuel cell a idrogeno.

Artemide
(fuel cell a idrogeno)



ecomobility2010
MONTECATINI TERME 16-17-18 APRILE

Prototipi di auto idrogeno/elettriche 17 aprile 2010



Politecnico di MILANO
gianmarco.gaimarini@polimi.it
paola.villani@polimi.it

ARTEMIDE - APOLLO

Al Politecnico di Milano si studiano soluzioni atte a minimizzare i consumi energetici



ecomobility2010
MONTECATINI TERME 16-17-18 APRILE

Prototipi di auto idrogeno/elettriche 17 aprile 2010



Politecnico di MILANO
gianmarco.gaimarini@polimi.it
paola.villani@polimi.it

ARTEMIDE - APOLLO

Partecipando alla Shell Eco-marathon si devono realizzare progetti concreti che implicano molteplici competenze ingegneristiche: meccaniche, energetiche, fisiche e informatiche (CAD).

ecomobility2010 MONTecatini TERME 16-17-18 APRILE 17 aprile 2010

Politecnico di MILANO giacomo.cattaneo@polimi.it paul.villari@polimi.it

ACI AEROSPAZIO CLUB PISA

Risultato Eco Marathon 2010 (Houston, Texas)

615 km / kW-h
5'461 km / litro

<http://safarty.com/eco-marathon/politecnico.html>

ecomobility2010 MONTecatini TERME 16-17-18 APRILE 17 aprile 2010

Politecnico di MILANO giacomo.cattaneo@polimi.it paul.villari@polimi.it

ACI AEROSPAZIO CLUB PISA

Sistema energetico

| | |
|-------|-------------------------------|
| 19,3% | Rolling and corner resistance |
| 17,2% | Aerodynamic resistance |
| 8,9% | Motor |
| 2,0% | Electronics |
| 50,3% | Fuel cell + aux. |

Il prototipo X TEAM

ecomobility2010 MONTecatini TERME 16-17-18 APRILE 17 aprile 2010

Politecnico di MILANO giacomo.cattaneo@polimi.it paul.villari@polimi.it

ACI AEROSPAZIO CLUB PISA

Sistema a idrogeno

Il prototipo X TEAM

ecomobility2010 MONTecatini TERME 16-17-18 APRILE 17 aprile 2010

Politecnico di MILANO giacomo.cattaneo@polimi.it paul.villari@polimi.it

ACI AEROSPAZIO CLUB PISA

Controllo delle Fuel cell

Il prototipo X TEAM

ecomobility2010 MONTecatini TERME 16-17-18 APRILE 17 aprile 2010

Politecnico di MILANO giacomo.cattaneo@polimi.it paul.villari@polimi.it

ACI AEROSPAZIO CLUB PISA

Controllo e trasmissione


Il prototipo X TEAM

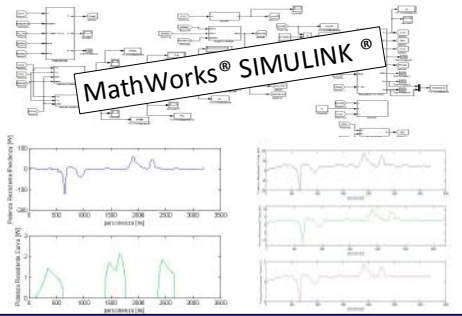
ecomobility2010 MONTecatini TERME 16-17-18 APRILE 17 aprile 2010

Politecnico di MILANO giacomo.cattaneo@polimi.it paul.villari@polimi.it


ACI AEROSPAZIO CLUB PISA

Simulazioni







Il prototipo X TEAM



Prototipi di auto idrogeno/elektriche
17 aprile 2010




ASSOCIAZIONE CLUB PIAGGIO




giuseppe.valterio@polimi.it
paolo.villari@polimi.it

Test bed


- Real time Simulation of track condition
- Data storage
- Optimization of fuel cell control
- Optimization of motor and transmission
- Race strategy




Il prototipo X TEAM



Prototipi di auto idrogeno/elektriche
17 aprile 2010



ASSOCIAZIONE CLUB PIAGGIO



giuseppe.valterio@polimi.it
paolo.villari@polimi.it

- Shell Eco-marathon 2010
- Apollo
- Scheda tecnica
- Progettazione carrozzeria
- Realizzazione stampi
- Costruzione carrozzeria
- Ciclo tecnologico
- Verifiche sperimentali
- Risultati
- Conclusioni







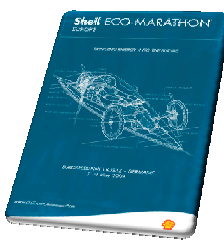


Prototipi di auto idrogeno/elektriche
17 aprile 2010




ASSOCIAZIONE CLUB PIAGGIO




giuseppe.valterio@polimi.it
paolo.villari@polimi.it








Prototipi di auto idrogeno/elektriche
17 aprile 2010



ASSOCIAZIONE CLUB PIAGGIO



giuseppe.valterio@polimi.it
paolo.villari@polimi.it

SCHEDA TECNICA

| Categoria e Classe energetica | Dimensioni | Carrozzeria |
|--|--|--|
| - Prototipi - Solare  | - Lunghezza = 2753 mm - Larghezza = 582 mm - Altezza = 625 mm - Passo = 1590 mm - Carreggiata = 500 mm | - Telaio: Fibra di carbonio con rinforzi in honeycomb - Superficie frontale = 0.278 m ² - Coefficiente di resistenza aerodinamica = 0.09 - Massa = 35 kg |



Prototipi di auto idrogeno/elektriche
17 aprile 2010



ASSOCIAZIONE CLUB PIAGGIO




giuseppe.valterio@polimi.it
paolo.villari@polimi.it

SCHEDA TECNICA

| | | |
|---|--|--|
| Ruote e pneumatici - 2 ruote anteriori in lega di Al - 1 ruota posteriore sterzante e motrice in lega di Al - Pneumatici Michelin tubeless 45/75 R16 - Pressione di gonfiaggio 4.5-6.0 bar | Sterzo e freni - Sistema di sterzo meccanico a cavi - 3 freni idraulici con pinze e pompanti in lega magnesio dischi in lega di titanio | Fuel Cell - PEM Fuel Cell MES-DEA "DEA XX Special release" - Potenza massima max = 0.8 kW - Tensione max = 38 V - Pure H ₂ dead end mode |
|  | | |



Prototipi di auto idrogeno/elektriche
17 aprile 2010



ASSOCIAZIONE CLUB PIAGGIO



giuseppe.valterio@polimi.it
paolo.villari@polimi.it

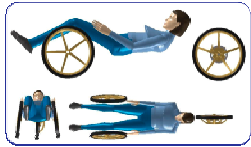
SCHEDA TECNICA

| Motore | Trasmissione | Elettronica |
|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - 1 motore Maxon DC - Tensione = 18 V - Potenza max = 60 W - Coppia nominale = 0.075 Nm | <ul style="list-style-type: none"> - Ad ingranaggi innesto servocomandato - Rapporto di trasmissione da 1:20 a 1:16 | <ul style="list-style-type: none"> - Scheda di controllo motori e Fuel Cell autoconstruita |

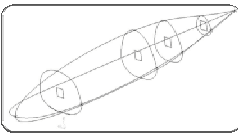



ecomobility2010 MONTecatini TERME 16-17-18 APRILE 2010
 Prototipi di auto idrogeno/elektriche 17 aprile 2010
 ACI ASSOCIAZIONE CLUB PILOTE
 Politecnico di MILANO giacomo.galimberti@polimi.it paul.villari@polimi.it

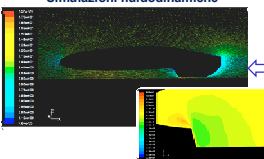
Posizione del pilota
Angoli caratteristici ruote




Geometria assialsimmetrica
ottimizzata aerodinamicamente



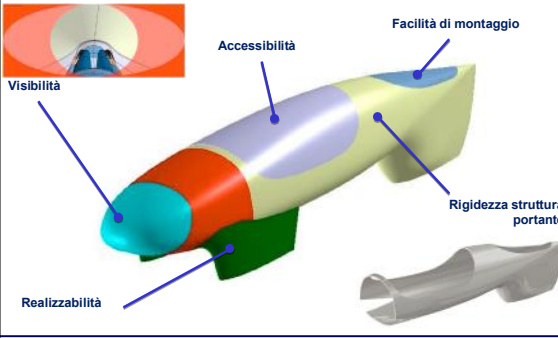
Simulazioni fluidodinamiche



Definizione forma



ecomobility2010 MONTecatini TERME 16-17-18 APRILE 2010
 Prototipi di auto idrogeno/elektriche 17 aprile 2010
 ACI ASSOCIAZIONE CLUB PILOTE
 Politecnico di MILANO giacomo.galimberti@polimi.it paul.villari@polimi.it



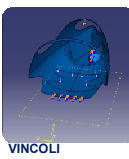
Accessibilità
Facilità di montaggio
Visibilità
Rigidità struttura portante
Realizzabilità

ecomobility2010 MONTecatini TERME 16-17-18 APRILE 2010
 Prototipi di auto idrogeno/elektriche 17 aprile 2010
 ACI ASSOCIAZIONE CLUB PILOTE
 Politecnico di MILANO giacomo.galimberti@polimi.it paul.villari@polimi.it

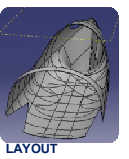
CARICHI

- $P = Mg/S = 0,0032 \text{ MPa}$
- Carico di 700 N su roll-bar


VINCOLI



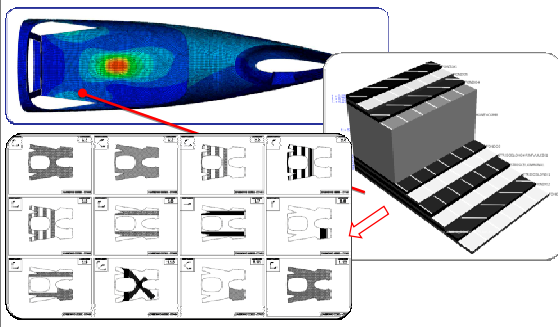
LAYOUT



MESH + ELEMENTI DI RINFORZO



ecomobility2010 MONTecatini TERME 16-17-18 APRILE 2010
 Prototipi di auto idrogeno/elektriche 17 aprile 2010
 ACI ASSOCIAZIONE CLUB PILOTE
 Politecnico di MILANO giacomo.galimberti@polimi.it paul.villari@polimi.it



ecomobility2010 MONTecatini TERME 16-17-18 APRILE 2010
 Prototipi di auto idrogeno/elektriche 17 aprile 2010
 ACI ASSOCIAZIONE CLUB PILOTE
 Politecnico di MILANO giacomo.galimberti@polimi.it paul.villari@polimi.it

POLISTIROLO ALTA DENSITÀ

| | |
|----------------------|---|
| Fresatura | MACCHINA CNC 5 ASSI |
| Resinatura | RESINA EPOSSIDICA |
| Strutturata | FONDO ACRILICO |
| Verniciatura | GEL-COAT PER STAMPI |
| Laminazione a freddo | TESSUTO 200, 400, 600 gr/m ² |

WALD SHARK SEAL
 TECNO ESPANSO RESINE s.r.l.

ecomobility2010 MONTecatini TERME 16-17-18 APRILE 2010
 Prototipi di auto idrogeno/elektriche 17 aprile 2010
 ACI ASSOCIAZIONE CLUB PILOTE
 Politecnico di MILANO giacomo.galimberti@polimi.it paul.villari@polimi.it

PRIMA LAMINAZIONE

VACUUM BAG

CICLO ALTA PRESSIONE

ecomobility2010
MONTecatini Terme 16-17-18 APRILE
17 aprile 2010

Politecnico di MILANO
giacomo.villani@polimi.it
paola.villani@polimi.it

SECONDA LAMINAZIONE BASSA PRESSIONE

FINITURA, VERNICIATURA E ASSEMBLAGGIO

ecomobility2010
MONTecatini Terme 16-17-18 APRILE
17 aprile 2010

Politecnico di MILANO
giacomo.villani@polimi.it
paola.villani@polimi.it

ANALISI CICLO TECNOLOGICO

| | Materiali | Macchinari/Attrezzature | Mano d'opera |
|-----------------------------|------------------------------------|-----------------------------|-----------------|
| Fresatura modello | Polistirolo | Macchina controllo numerico | Qualificata |
| Preparazione modello | Resina epossidica, fondo acrilico | Forno | Non qualificata |
| Laminazione stampi | Toroso carbonio, resina epossidica | Forno | Qualificata |
| Laminazione pezzi | Carbonio, prepreg | Autoclava | Non qualificata |
| | Fondo e vernice acrilica | Forno | Non qualificata |

500 € → 5.000 € costo 5h → 30 h tempi 5h → 50 h tempi

ecomobility2010
MONTecatini Terme 16-17-18 APRILE
17 aprile 2010

Politecnico di MILANO
giacomo.villani@polimi.it
paola.villani@polimi.it

| FORMA | |
|---------------------|--------------------------|
| misure dimensionali | reverse engineering |
| ✓ | in fase di realizzazione |

| AERODINAMICA | |
|----------------|--------------------------|
| prove in pista | prove in galleria |
| ✓ | in fase di realizzazione |

| RIGIDEZZA | |
|----------------------|--------------------------------------|
| prove in laboratorio | caratterizzazione struttura sandwich |
| ✓ | in fase di realizzazione |

ecomobility2010
MONTecatini Terme 16-17-18 APRILE
17 aprile 2010

Politecnico di MILANO
giacomo.villani@polimi.it
paola.villani@polimi.it

BIBLIOGRAFIA

M. Gobbi, J. Bolero, G. Mastinu *Global chassis control by sensing forces/moments at the wheels*
INTERNATIONAL JOURNAL OF VEHICLE AUTONOMOUS SYSTEMS, 2009

G. Prevati, M. Gobbi, G. Mastinu *Validazione sperimentale e teorica di un metodo per la misura delle proprietà inerziali di corpi rigidi*. Convegno Nazionale AIAS 2009, Torino, 2009

M. Gobbi, P. Guarnieri, G. Mastinu, G. Rocca *Test Rig for Characterization of Automotive Suspension Systems*.
SAE World Congress 2008, 14-17 April 2008, Detroit, 2008

F. Cheli, M. Gobbi, G. Mastinu, E. Sabbioni *Dynamic model of a light-duty vehicle: validation with experimental data*.
Multibody Dynamics 2007 ECCOMAS Thematic Conference, 25-28 June, Milano, 2007

G. Galmarini *Sviluppo di un veicolo per la competizione Shell Eco-Marathon 2006*
Tesi di Laurea in Ingegneria Meccanica, Relatori: G. Mastinu, M. Gobbi - Politecnico di Milano, Dicembre 2006

P. Villani *Veicoli e carburanti alternativi per la mobilità urbana*
Venezia Mestre 4 Giugno 2004 http://www.ecomobility.com/risorse/2004_06_04_mestre.htm

M. Barbosa, C. Paroli, *Veicolo elettrico polifunzionale per centri urbani*
Tesi di Laurea in Disegno Industriale, Relatore: Thomas Maldonado, co-rel. P. Villani - Politecnico di Milano, 1991