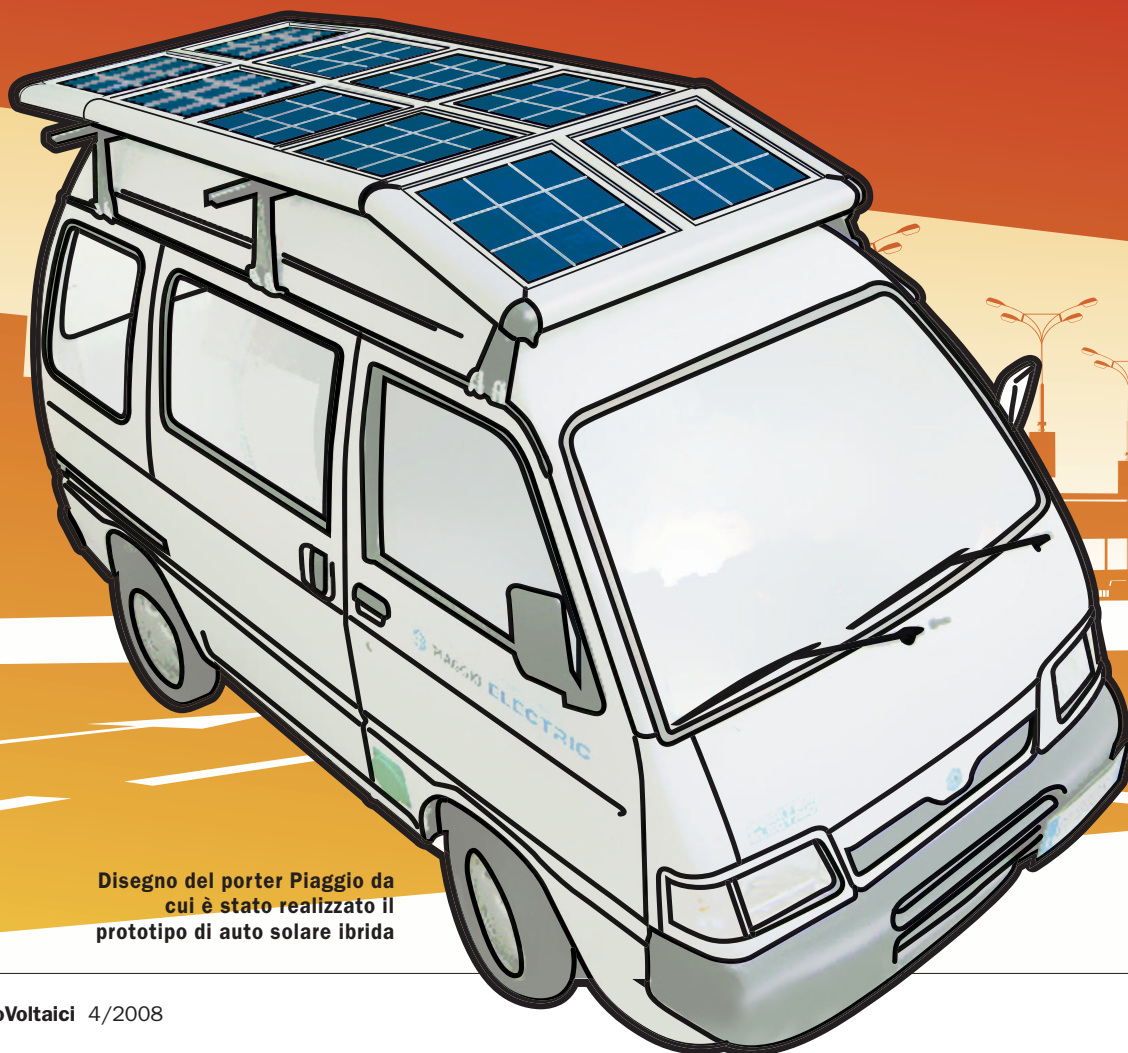
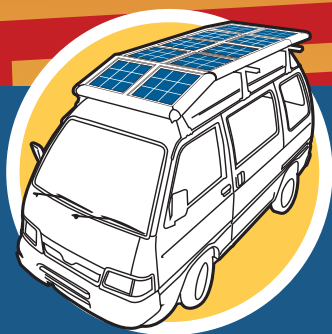


# IL SOLE

## per le auto in città

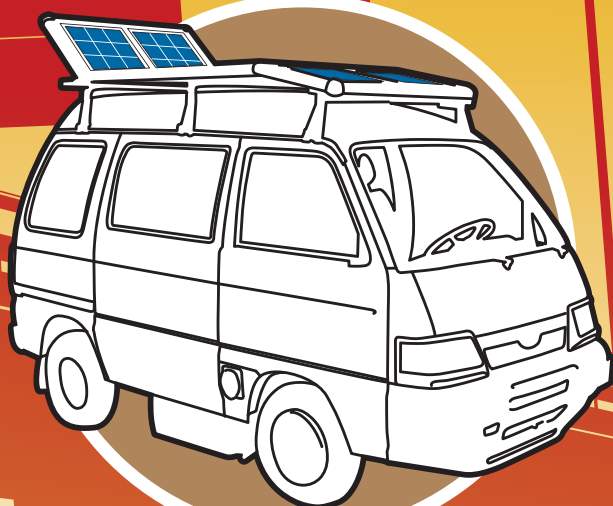


Disegno del porter Piaggio da cui è stato realizzato il prototipo di auto solare ibrida



LA TECNOLOGIA FOTVOLTAICA POTREBBE DIVENTARE UNA FONTE PULITA E SICURA PER ALIMENTARE LE AUTO NELLE NOSTRE CITTÀ. NE SONO CONVINTI I RICERCATORI DELL'UNIVERSITÀ DI SALERNO, CHE IN COLLABORAZIONE CON DIVERSI PARTNER INTERNAZIONALI HANNO REALIZZATO UN PROTOTIPO DI AUTO IBRIDA SOLARE

**GIANFRANCO RIZZO** -  
Dipartimento di Ingegneria  
Meccanica dell'Università  
di Salerno.  
Coordinatore del  
Progetto Leonardo -  
[www.dimec.unisa.it/](http://www.dimec.unisa.it/)  
Leonardo - [grizzo@unisa.it](mailto:grizzo@unisa.it)



Una delle tante presentazioni al pubblico dell'auto solare ibrida del Dimec.



Molti ritengono che non esisterà mai in commercio un'auto alimentata unicamente dall'energia solare. Tale scetticismo deriva dal fatto che, per raggiungere la potenza di un'auto di media cilindrata, dell'ordine dei 50 kW, sarebbe necessario un impianto fotovoltaico di dimensioni molto maggiori rispetto a quelle disponibili su un'auto. Questa constatazione, però, è tanto elementare quanto fuorviante: le statistiche mostrano come una larga parte degli utenti usi l'auto in città e per non più di un'ora al giorno. In queste condizioni l'energia richiesta per la trazione è dell'ordine di 7-8 kWh, comparabile con l'energia prodotta da un modulo di 500 W (poco più di 3 m<sup>2</sup> di superficie) in dieci ore di luce. Una soluzione intermedia che potrebbe consentire un giorno di realizzare un'auto solare è quella di installare il fotovoltaico su una vettura ibrida elettrica, cioè dotata di un motore elettrico oltre al tradizionale motore a combustione interna. I veicoli ibridi consentono già oggi di ridurre i consumi di combustibile e le emissioni fino al 40% grazie all'uso ottimizzato dei due propulsori e al recupero dell'energia in frenata. Per realizzare un'auto ibrida solare non

basta però aggiungere dei moduli fv a un veicolo ibrido già esistente: bisogna progettare un nuovo sistema veicolo-propulsore, servono opportune metodologie e modelli matematici ed è necessario lo sviluppo di avanzate strategie di controllo per ottimizzare i flussi di energia tra i differenti componenti dell'intero sistema. Per tutti questi motivi il Dipartimento di Ingegneria Meccanica dell'Università di Salerno sta sviluppando il primo prototipo di auto ibrida solare. Il lavoro ha avuto inizio con il progetto europeo "Leonardo da Vinci" (2005-2007), insieme a undici partner di cinque Paesi e con l'aiuto di alcuni sponsor (Automobile Club Salerno, Lombardini, CRF, CIMEP, Saggese). Siamo convinti che il prototipo da noi sviluppato, pur se non direttamente commercializzabile, costituisca una risposta di grande valore pratico e simbolico per la comprensione dell'effettivo funzionamento dei sistemi di conversione energetica.

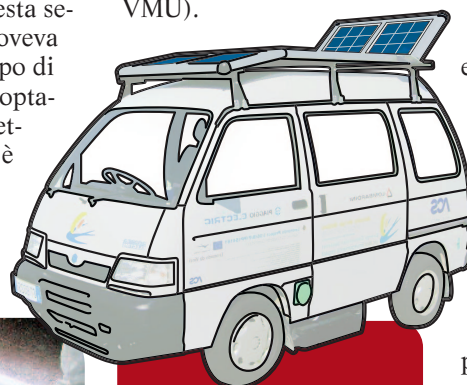


Il gruppo di ricerca al Dimec di Salerno che ha coordinato la realizzazione dell'auto ibrida solare.

### SCELTE INIZIALI

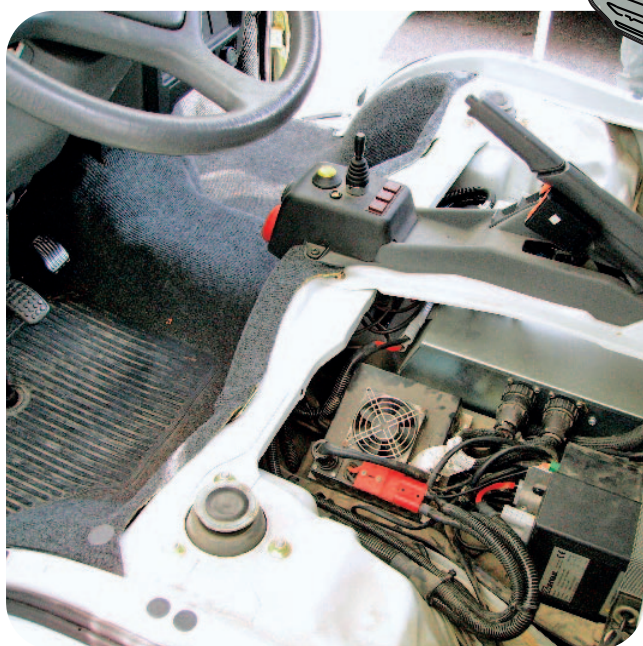
All'inizio del progetto, nell'ottobre 2005, si è innanzitutto valutato se costruire un veicolo ex novo oppure sviluppare il lavoro a partire da un veicolo esistente. La prima soluzione non risultava realisticamente praticabile e compatibile con limiti di tempo e di budget, mentre la seconda offriva il vantaggio di una maggiore fattibilità. Una volta scelta questa seconda opzione, si doveva decidere da quale tipo di veicolo partire: si è optato per un veicolo elettrico. Questa scelta è sembrata la più adatta allo sviluppo di un veicolo con una struttura del

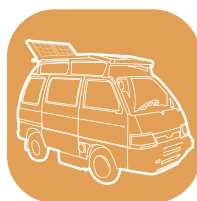
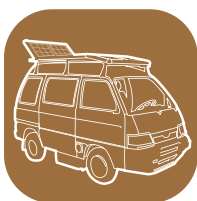
tipo "Ibrido Serie", in cui il motore a combustione interna viene usato solo per caricare le batterie e/o per azionare il motore elettrico di trazione e i due motori, elettrico e termico, non sono collegati meccanicamente fra loro. Il funzionamento dell'intero sistema propulsivo dipende dalle strategie definite dal sistema di controllo (Vehicle Management Unit, VMU).



Sotto: l'isolatore acustico installato tra il vano motore e l'abitacolo. A sinistra: il motore elettrico del prototipo.

Non è stato facile scegliere da che veicolo elettrico partire perché bisognava conciliare due esigenze contrastanti: il veicolo doveva richiedere poca energia per la trazione e quindi doveva essere sufficientemente leggero. Le auto ibride, però, sono mediamente più pesanti di quelle convenzionali perché c'è una duplicazione delle componenti, convivendo in esse una parte elettrica e una termica. La seconda esigenza riguardava le dimensioni del veicolo, che doveva essere sufficientemente grande per poter ospitare l'impianto fotovoltaico. La scelta è caduta sul "Porter Glass Van" di Piaggio, veicolo elettrico utilizzato per il trasporto leggero prevalentemente nelle aree urbane e protette grazie all'assenza di emissioni gassose e acustiche. Un esemplare è stato fornito al gruppo di ricerca dell'Automobile Club Salerno. Questo veicolo offre la possibilità di alloggiare un'ampia superficie di moduli fv sul tetto, mentre il vano di lavoro posteriore consente di ospitare comodamente il sistema motore/generatore e i sistemi di controllo. Le batterie sono posizionate nella parte inferiore dell'abitacolo e il motore elettrico è accessibile tramite il sollevamento del sedile del guida- ➤





## CARATTERISTICHE DEL PROTOTIPO DI VEICOLO IBRIDO SOLARE

Motore:	Corrente Continua
Tensione di alimentazione:	84 V
Potenza nominale:	9 kW
Raffreddamento:	Aria
Batteria di trazione:	14 moduli da 6 V - 180 Ah Pb-Gel sigillate, senza manutenzione
Caricabatteria:	A bordo - 3 kW - 230 V (con una normale presa industriale monofase)
Tempo di ricarica:	8 h
Ricarica rapida:	5 kW - 380 V
Tempo di ricarica:	2 h 45' all'80 %
Velocità massima:	60 km/h
Autonomia:	70 km in percorso urbano
Trasmissione:	Diretta alle ruote posteriori
Raggio di sterzata:	3,7 m
Posti:	4

tore. Come motore termico è stato scelto Yanmar S6000, un Diesel monocilindrico della potenza di 6 kW, raffreddato ad aria e dotato di avviamento elettrico, che si inserisce in parallelo al circuito che serve per caricare le batterie. Ovviamente, collocare un tale sistema nell'abitacolo non rappresenta la soluzione ottimale in tema di comfort e sicurezza. È stato quindi progettato e realizzato, con il supporto di CIMEP, un setto di isolamento tra il vano motore e l'abitacolo, provvisto di un oblò con doppio vetro-camera per assicurare la visibilità posteriore al guidatore. È stato usato un sandwich di materiale isolante, costituito da una sottile lamina di piombo e da una struttura spugnosa, ottenendo un abbattimento del rumore di circa 25 db.

### SISTEMA FV

Anche per quanto riguarda il sistema solare si sono dovute operare delle scelte, che riassumiamo per punti.

■ **Che tipo di moduli usare?** Al fine di studiare una soluzione concretamente realizzabile, si è scelto di utilizzare moduli in silicio policristallino di normale produzione (efficienza intorno al 12%), piuttosto che moduli ad alto rendimento, caratterizzati da prestazioni migliori ma da costi elevati. Sono stati installati 10 moduli da 20 Watt di potenza per un totale di 200 Watt. Il sistema fotovoltaico e il relativo sistema di controllo è stato progettato in collaborazione con il Prof. Giovanni Spagnuolo dell'Università di Salerno, progettista anche dell'impianto solare dell'imbarcazione di Giovanni Soldini. Nel nostro caso dovevamo risolvere le stesse problematiche del fotovoltaico sulle barche: ombreggiamenti e direzione dei raggi del sole in costante movimento.

■ **Un modulo unico o numerosi moduli più piccoli?** Si è scelta la seconda opzione al fine di poter ottimizzare il controllo di ogni

## CHE COS'È L'AUTO SOLARE

I primi prototipi di auto a energia solare, leggeri e monoposto, comparvero all'inizio degli anni Ottanta. Avevano una forma aerodinamica allungata, tale da ridurre la resistenza all'aria, con l'involucro esterno costruito con plastiche speciali per assicurarne la leggerezza senza compromettere la robustezza. La superficie era ricoperta di moduli ad alta efficienza: caricavano le batterie che a loro volta andavano ad alimentare il motore elettrico. La prima sfida tra auto solari si è svolta nel 1987 in Australia: su 23 concorrenti prevalse il GM Sunraycer, che completò la gara con una velocità media di 67 km/h. Questo rally, che ancora oggi si corre per circa 3.000 km da Nord a Sud attraverso il deserto australiano, da allora costituisce un riferimento fondamentale dell'esperienza sui veicoli solari, il palcoscenico principale di tutta la ricerca applicata allo sfruttamento del sole anche per la copertura di grandi distanze.

singolo modulo in funzione delle sue condizioni di insolazione e temperatura.

■ **Come montare i moduli sul veicolo: integrandoli**

**nel tettuccio, o prevedendo un supporto esterno?**

La prima soluzione offre una migliore aerodinamica ed è, con tutta probabilità,

esteticamente più gradevole. La seconda soluzione offre maggiore elasticità di lavoro in fase di progetto e si presta a soluzioni innovative, quali l'orientazione dei moduli in funzione della posizione del Sole durante le fasi di parcheggio. La scelta è caduta sul supporto mobile, anche per il contributo relativamente limitato che le perdite aerodinamiche giocano per il veicolo in esame, a causa delle velocità piuttosto ridotte (velocità massima: 60 km/h). Un supporto in alluminio, provvisto di due snodi per poter seguire il profilo del tetto, è stato realizzato da Saggese e donato al gruppo di ricerca.

### STATO DELL'ARTE DEL PROGETTO

Il veicolo ha avuto la sua prova del fuoco alla Ecotarga 2007, versione ecologica della storica

Targa Florio, dove ha conquistato tre punti FIA e un onorevole sesto posto nelle gare di regolarità, preceduto solo dalle Toyota Prius, regine indiscusse tra le auto ecologiche. Stiamo proseguendo con l'analisi delle prestazioni del prototipo al fine di verificare in che modo sia possibile ottimizzare consumi ed emissioni del sistema di generazione (per una rassegna degli articoli scientifici pubblicati dal gruppo di ricerca sull'argomento si rimanda al sito del progetto). Sul veicolo sono stati installati vari strumenti di misura: un torsiometro, sensori, attuatori e i relativi moduli di acquisizione e controllo, per i quali è in corso l'integrazione dei vari componenti hardware e software. Obiettivo principale è abbassare i costi iniziali e di esercizio del sistema di generazione attraverso la minimizzazio-

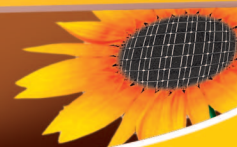


**MODULI FOTOVOLTAICI  
KIT FOTOVOLTAICI  
ACCESSORI  
SOLARE TERMICO**

**SOLARIT**  
POWER

il nostro sole...  
...la vostra energia

Distributore per l'Italia  
degli inverter  
SUNNY BOY



renewable  
energy

Via della Fornace 19  
35010 SAN PIETRO IN GÙ (PD) Italy  
Tel. + 39 049 9455378 Cell. 349 8860166 - Fax 049 9459035  
E-mail: info@solarit.it

[www.solarit.it](http://www.solarit.it)

ne del numero e della taglia dei componenti elettrici ed elettronici necessari e di massimizzare i rendimenti di conversione, attraverso l'ottimizzazione degli scambi energetici tra il generatore fotovoltaico, gli accumulatori e i motori elettrici. Stiamo anche sviluppando un tettuccio mobile, per ottimizzare l'energia raccolta nelle fasi di parcheggio. per il futuro abbiamo in programma di analizzare e sperimentare diverse tipologie e superfici dei moduli, di sostituire il pacco di batterie al piombo con batterie avanzate al litio e di sperimentare metodologie di controllo innovative, basate sulla previsione dei carichi e dell'energia incidente con reti neurali. Abbiamo anche presentato il nostro prototipo in numerose occasioni (fiere di settore, convegni, conferenze, etc.) riscuotendo un caloroso interesse da parte del pubblico e degli addetti ai lavori. Le simulazioni, effettuate su uno scenario del 2006 (quando il petrolio costava la metà ri-

## VEICOLI ELETTRICI IBRIDI

I veicoli ibridi elettrici usano due propulsori: un motore **elettrico** e un motore a **combustione interna**. Durante il movimento queste due fonti di potenza intervengono di volta in volta per ottenere un basso consumo di carburante e un'emissione di gas a basso tasso di inquinamento. Il motore elettrico prende energia dalle batterie come il motore a combustione interna usa il serbatoio per lo stesso scopo. L'energia della batteria è ricaricata in due modi durante la marcia dei veicoli ibridi elettrici: attraverso la frenata rigenerativa, o attraverso un generatore elettrico (che può essere costituito dallo stesso motore elettrico in modalità reversibile) azionato da un motore a combustione interna. Sebbene la storia dei veicoli ibridi abbia avuto inizio all'inizio del '900 con un prototipo proposto da Ferdinand Porsche, il primo veicolo elettrico ibrido prodotto in serie, la Toyota Prius, fu introdotta nel 1997 sul mercato giapponese. Dopo questo primo passo della Toyota, l'Honda introdusse il modello Insight nel 2000.

petto a oggi), indicavano come il recupero dell'investimento aggiuntivo si potesse ottenere in 7/8 anni, ma in uno scenario abbastanza realistico a breve/medio termine di aumento del costo del combustibile, riduzione del costo dei pannelli e/o introduzione di incentivi, l'investimento potrà ripagarsi in 2/3 anni. E i conti possono migliorare considerando la

possibilità di utilizzare il veicolo anche da fermo (plug-in hybrid) per riversare in rete il surplus di energia elettrica generata dai moduli fv o per utilizzare il sistema moto-generatore come cogeneratore, producendo energia elettrica e acqua calda per la propria utenza domestica. I lavori procedono nell'ambito di un progetto biennale finanziato dal Ministero della

Università e della Ricerca (MIUR) e dei Programmi di Ricerca Scientifica di Rilevante Interesse Nazionale (PRIN 2006). Il progetto, dal titolo "Integrazione di sistemi fotovoltaici in autoveicoli convenzionali ed ibridi", è coordinato dal DIMEC dell'Università di Salerno, in collaborazione con il DIIIE (Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione ed Ingegneria Elettrica) dell'Università di Salerno (ing. Giovanni Petrone) e il DIEES (Dipartimento di Ingegneria Elettrica Elettronica e dei Sistemi) dell'Università di Catania (prof. Mario Cacciato). Successivamente è stato poi presentato un nuovo progetto di ricerca alla UE (Hy\_Solar\_Car), in collaborazione con 16 partner europei, per continuare lo sviluppo del prototipo ed effettuare un tour dimostrativo in Europa. I risultati della ricerca saranno diffusi sul sito [www.dimec.unisa.it/Leonardo](http://www.dimec.unisa.it/Leonardo). ■

## I PARTNER del PROGETTO

Il progetto "Sistemi di conversione energetica e impatto ambientale" è stato finanziato dalla Commissione Europea, nell'ambito del Programma d'azione comunitario in materia di formazione professionale **Leonardo da Vinci**. Il progetto coinvolge un prestigioso partenariato costituito da Università, Istituti di ricerca e formazione e imprese, con qualificate esperienze in ambito tecnico-scientifico, formativo e industriale e una significativa partecipazione a iniziative internazionali. Il sito del progetto [www.dimec.unisa.it/leonardo\\_new](http://www.dimec.unisa.it/leonardo_new), in otto lingue, è ricco di contenuti didattici.

