

Zeitschrift: Archi : rivista svizzera di architettura, ingegneria e urbanistica = Swiss review of architecture, engineering and urban planning

Herausgeber: Società Svizzera Ingegneri e Architetti

Band: - (1999)

Heft: 3

Artikel: I veicoli del futuro

Autor: Caputo, C. / Delle Site, V.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-131676>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

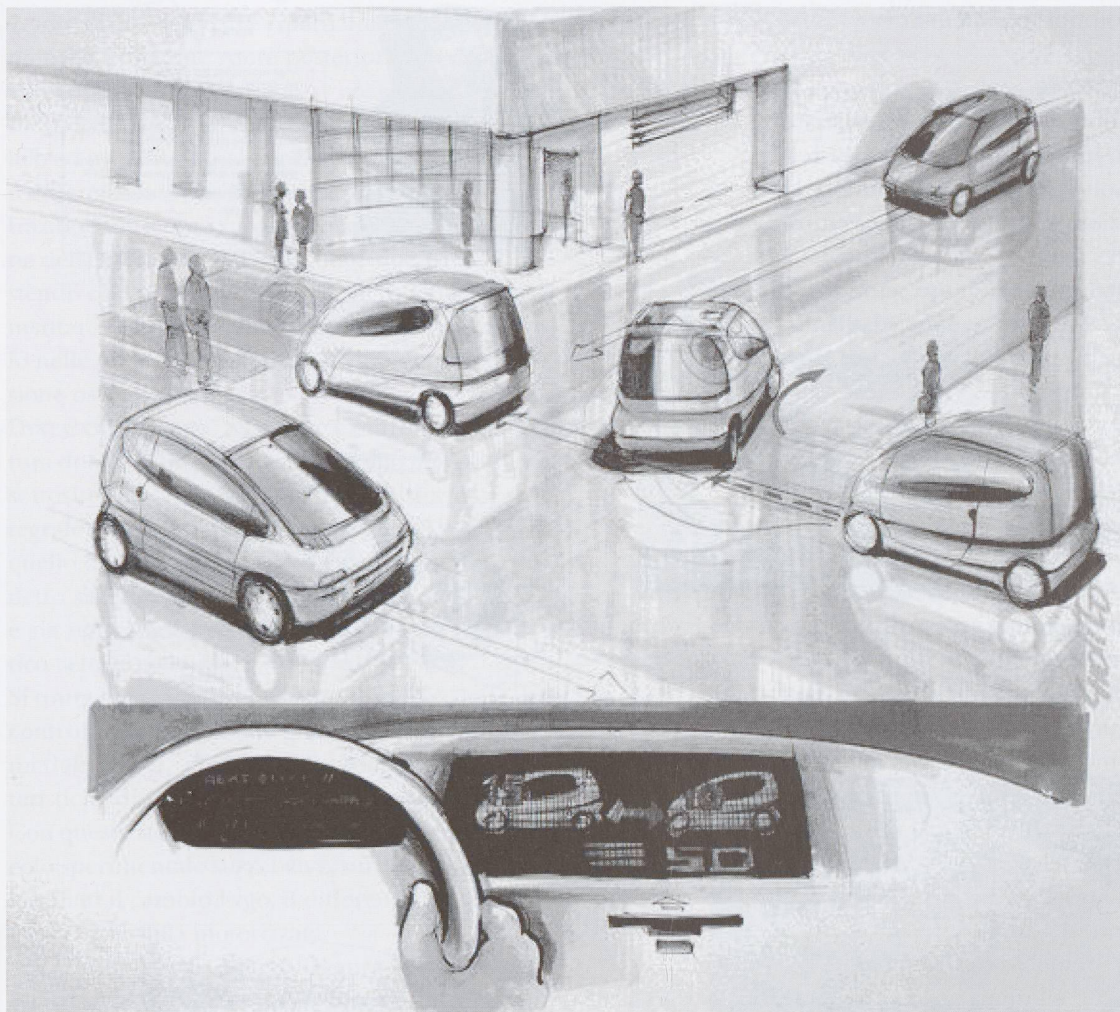
Download PDF: 26.04.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

I veicoli del futuro

C. Caputo
responsabile scientifico del
sottoprogetto «Veicoli»

V. Delle Site
direzione del PFT2



Nel Sottoprogetto «Veicoli» del Progetto Finalizzato Trasporti 2 (PFT2) sono state finanziate numerose ricerche riguardanti l'innovazione dei veicoli di ogni specie: stradali, ferroviari, navali ed aeronautici.

I principali prodotti della ricerca – alcuni dei quali sono coperti da brevetto congiunto con il CNR – sono costituiti in prevalenza da prototipi di veicoli o di loro sottosistemi, con esclusione delle ricerche in ambito navale ed aeronautico, che, per gli altissimi costi di prototipazione, han-

no concentrato l'interesse sul miglioramento delle metodologie di progettazione.

In campo stradale sono state affrontate tematiche relative alle automobili, ai veicoli industriali, agli autobus e filobus nei diversi aspetti della progettazione, della simulazione, della sicurezza intrinseca della struttura, dell'acustica, dell'aerodinamica, della riduzione dei consumi energetici e dell'inquinamento ecc., al fine di sviluppare tecnologie di avanguardia.

Particolare attenzione è stata dedicata soprattutto

to ai motori a combustione interna ed ai sistemi di propulsione alternativi. Le ricerche ferroviarie interessano soprattutto lo sviluppo di soluzioni tecniche avanzate per l'alta velocità convenzionale e non.

Nel Sottoprogetto «Veicoli» sono stati ottenuti - da Istituti del CNR, Università e Centri di ricerca industriali - molti risultati di alto valore scientifico. In questa sede si vuole illustrare sinteticamente solo una piccola parte delle ricerche svolte, dando la preferenza a quelle che hanno portato alla realizzazione di prototipi sperimentali.

L'innovazione nell'automobile

Nel settore automobilistico sono state realizzate un gran numero di innovazioni, installate su veicoli dimostratori, volte a migliorare il comfort, la sicurezza, le prestazioni e l'efficienza delle vetture tradizionali.

Queste innovazioni, legate ad un uso sempre più esteso dell'elettronica nell'automobile ed all'integrazione dei vari sottosistemi elettronici di controllo delle singole funzioni del veicolo (trazione, sospensioni, frenatura, sterzo, cambio marcia), sono destinate ad essere utilizzate almeno in parte sulle vetture di serie dei prossimi anni, con una ricaduta industriale quasi immediata.

I 6 veicoli dimostratori realizzati dal Centro Ricerche Fiat, e presentati con successo alla stampa specializzata, sono denominati ERGO, ACTIMO, TRUST, DYSTACO, SUPERDRIVE, UDC.

ERGO (acronimo di Engine Robotized Gearbox Optimization - Figura 1) è un dimostratore dotato di un cambio meccanico servocomandato a controllo elettronico, che può essere gestito in modalità semiautomatica (il guidatore aziona manualmente una leva di selezione marce, mentre la frizione viene azionata automaticamente senza alcun intervento esterno) o totalmente automatica (tutte le operazioni di cambio marcia vengono gestite dal computer che seleziona anche il rapporto più adatto).

Il sistema utilizza attuatori elettroidraulici per il comando della frizione e per effettuare la selezione e l'innesto della marcia, ed un attuttore elettrico per l'azionamento della valvola a farfalla (drive-by-wire).

In sostanza con ERGO si consegue un miglioramento del comfort, della sicurezza ed una diminuzione dei consumi e dei costi rispetto ai cambi automatici tradizionali.

ACTIMO (ACTIVE engine Mounts - Figura 2) è una vettura di ricerca dotata di supporti del motore attivi per il controllo del rumore e delle vibrazioni trasmesse all'interno dell'abitacolo.

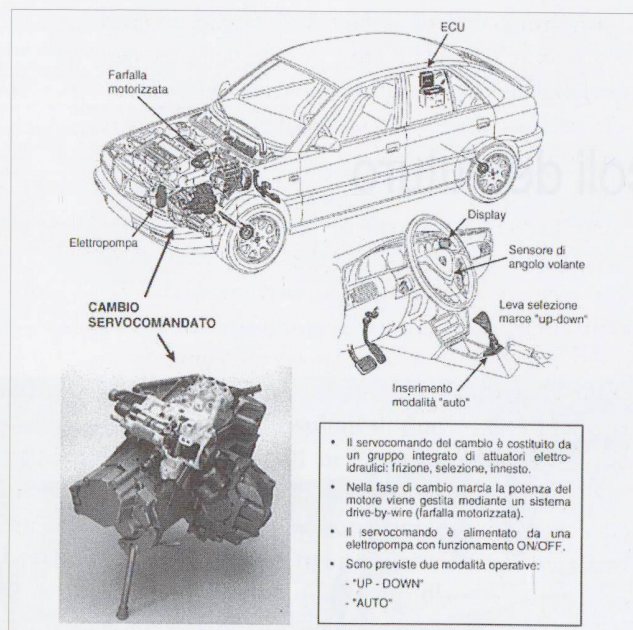


Fig. 1 - Veicolo con cambio robotizzato ERGO

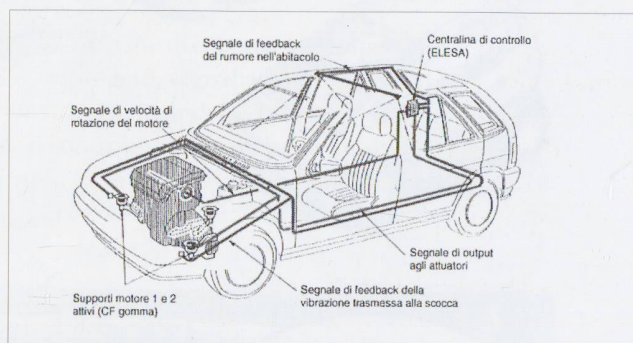


Fig. 2 - Veicolo dimostratore ACTIMO

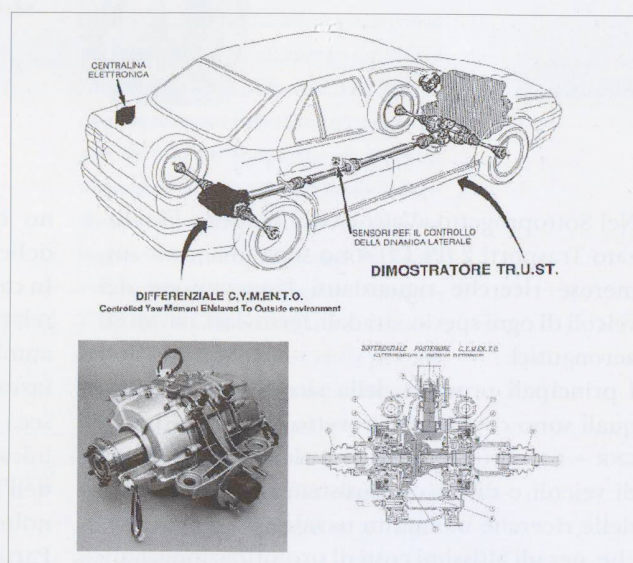


Fig. 3 - Vettura TRUST con differenziale C.Y.M.E.N.T.O.

In sostanza, si ottiene un notevole miglioramento del comfort acustico e vibrazionale per i passeggeri grazie ad un sistema di controllo attivo - che utilizza attuatori elettromagnetici - per lo smorzamento delle vibrazioni trasmesse alla scocca dai supporti del motore.

TRUST (TRaction Understanding Steering - Figura 3) è una vettura a trazione integrale dotata di un differenziale posteriore innovativo a controllo elettronico denominato CYMENTO (Controlled Yaw Moment ENslaved To Outside environment), in grado di modulare la ripartizione della coppia motrice tra le due ruote posteriori e di generare una coppia imbardante.

Il differenziale utilizza due frizioni poste in parallelo ad un differenziale ordinario; nella fase attiva il differenziale varia la ripartizione della coppia di trazione tra le due ruote mediante la modulazione della pressione di lavoro delle due frizioni, gestendo così la coppia imbardante in modo da aumentare considerevolmente la stabilità del veicolo nelle manovre dinamiche (colpo di sterzo, evasione ostacolo, ecc.).

DYSTACO (DYnamic STAbility Control) è una vettura dotata di un sistema di controllo integrato dei sottosistemi sospensioni attive, 4WS (sterzata integrale), farfalla motorizzata ed ABS. Lo scopo è quello di sperimentare il funzionamento del suddetto sistema di controllo, il cui comportamento è già stato studiato mediante il modello matematico BEHAVIOUR.

Si tratta del primo passo verso la realizzazione del controllo elettronico integrato di tutti i sottosistemi del veicolo, allo scopo di ottimizzare le caratteristiche di comfort, prestazioni e sicurezza.

Con questo stesso obiettivo è stato realizzato il veicolo sperimentale SUPERDRIVE, sul quale sono stati installati il cambio Ergo, il differenziale CYMENTO, l'ABS e la farfalla motorizzata.

UDC (Urban Drive Control - Figura 4) è un veicolo dimostratore che utilizza un sistema di controllo intelligente ed autonomo di crociera (Cruise Control Adattativo).

Un centro avanzato di gestione del traffico urbano, basato su modelli di ottimizzazione degli spostamenti, è permanentemente aggiornato sui dati di traffico ed in grado di calcolare profili di velocità per i diversi segmenti stradali.

Questi dati vengono trasmessi direttamente ai veicoli equipaggiati con il sistema Cruise Control Adattativo attraverso delle paline elettroniche locali, basate su tecnologia microonde a 5.8 GHz.

L'acceleratore ed il freno dei veicoli sono controllati da una centralina elettronica che utilizza il profilo di velocità consigliata, ricevuto dal centro

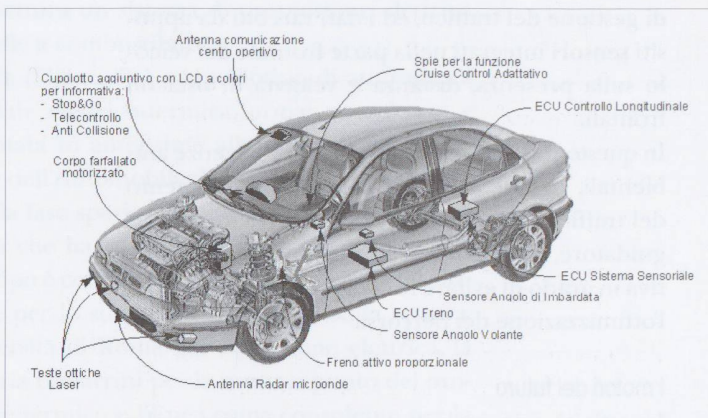


Fig. 4 - UDC (Urban Drive Control)

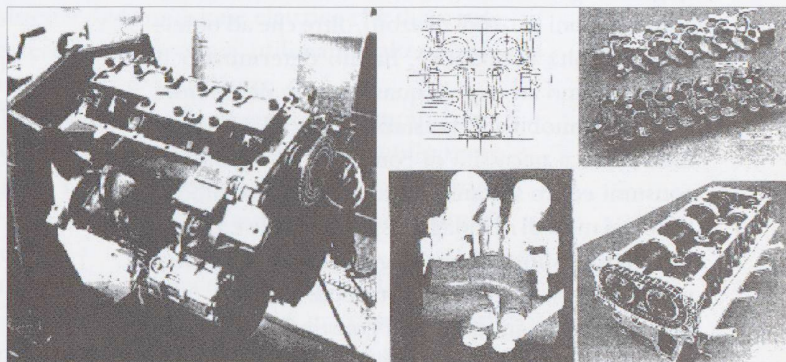


Fig. 5 - Motore diesel ad iniezione diretta Unijet



Fig. 6 - Vettura ibrida VANZIC

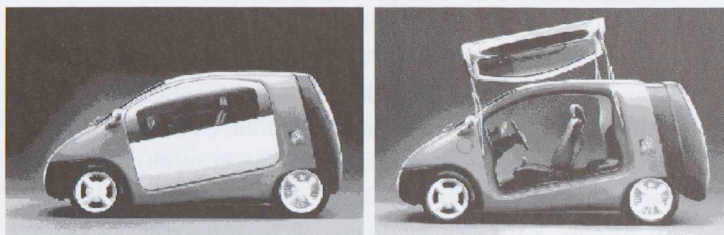


Fig. 7 - Vettura bimodale ETABETA

di gestione del traffico, ed i dati raccolti da appositi sensori integrati nella parte frontale del veicolo sulla presenza, distanza e velocità di ostacoli frontali.

In questo modo il sistema soddisfa le esigenze ambientali, consentendo un maggiore scorrimento del traffico, con quelle di comfort e sicurezza del guidatore, al quale viene fornita una assistenza attiva in grado di evitare le collisioni e finalizzata all'ottimizzazione dei percorsi.

I motori del futuro

Le attività principali in campo motoristico svolte dall'Unità Operativa Centro Ricerche Fiat riguardano l'iniezione diretta applicata sia ai motori diesel che benzina, e la messa a punto di un sistema di distribuzione variabile.

Ragioni legate essenzialmente alla rumorosità ed alle emissioni di ossidi di azoto, oltre che ad obiettive difficoltà realizzative, hanno determinato il fatto che fino ad oggi la quasi totalità dei motori diesel automobilistici sia stata di tipo ad iniezione indiretta. La necessità di contenere al massimo i consumi ed un sostanziale salto di qualità subentrato nei metodi di indagine sperimentale ed a calcolo hanno spostato però oggi sempre più l'interesse sul diesel ad iniezione diretta.

Ottimi risultati in termini di consumi ed emissioni inquinanti sono stati ottenuti con il motore diesel ad iniezione diretta nelle versioni a 4 valvole e sovralimentate che, a causa della simmetria intrinseca della camera di combustione, della cilindrata ridotta per l'elevata potenza specifica e del favorevole ciclo di ricambio della carica, sono particolarmente adatte per usi automobilistici.

Le conoscenze acustico-vibrazionali, quelle sull'abbattimento degli ossidi di azoto e del particolato, messe a punto nel corso delle attività di ricerca, hanno permesso la realizzazione di un motore diesel ad iniezione diretta 1930cc cilindri sovralimentato con 4 valvole per cilindro e con sistema di iniezione ad alta pressione UNIJET a controllo elettronico, con bassi consumi ed emissioni (Figura 5).

Lo scopo finale della ricerca è la costruzione di un motore diesel a iniezione diretta, 5 cilindri 2400cc, di nuova generazione, in grado di soddisfare le normative anti-emissioni previste per il prossimo futuro.

Viene sperimentata anche l'iniezione diretta di benzina con doppia iniezione, che si è dimostrata proficua per la riduzione delle emissioni, ed il ricircolo dei gas di scarico, che ha ridotto in modo sostanziale le emissioni di NOx, importante per un motore ad iniezione diretta di benzina che,

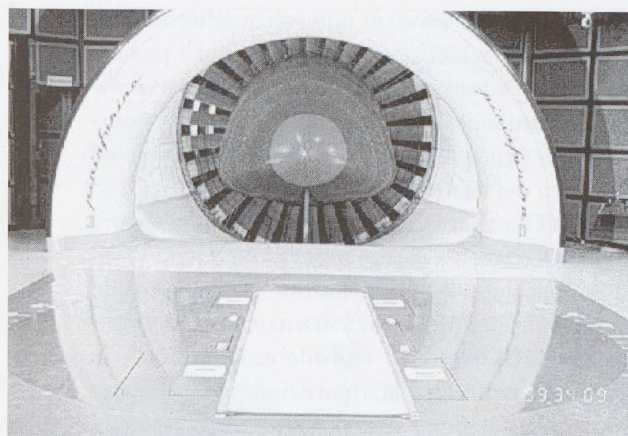


Fig. 8 – Sistema integrato alla bilancia aerodinamica per lo studio dell'effetto suolo in galleria del vento

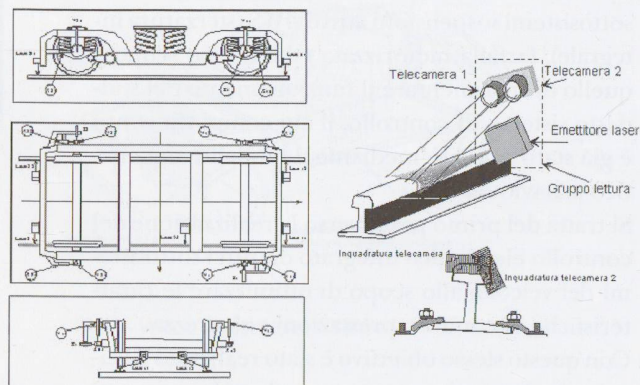


Fig. 9 – Sistema per la diagnostica del binario

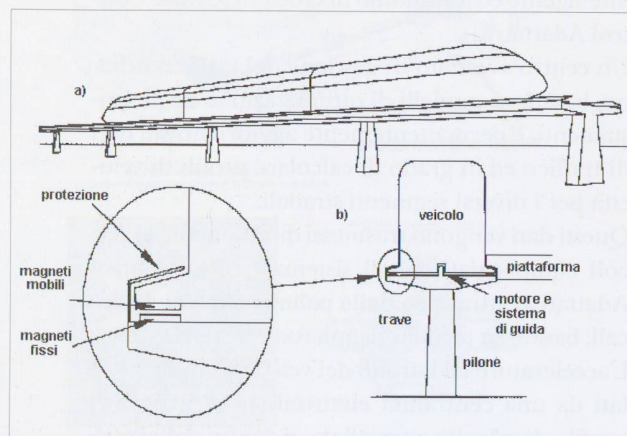


Fig. 10 – Maglev a magneti permanenti

funzionando a miscela magra, consente al catalizzatore convenzionale di abbattere solo HC e CO. Buoni risultati sono stati conseguiti con il sistema di distribuzione variabile, azionato da un attuatore elettroidraulico a controllo elettronico, in grado di ottenere buoni incrementi di coppia ai bassi regimi e consistenti riduzioni delle perdite di pompaggio, con vantaggi sui consumi.

Per la messa a punto del motore diesel UNIJET accoppiato al cambio ERGO, e l'ottimizzazione integrata dei due dispositivi, è stato predisposto e sperimentato un ulteriore veicolo dimostratore denominato ERGOJET.

E' importante citare infine la ricerca svolta dalla Motori Moderni Meccanica sul controllo elettronico della fase di aspirazione nei motori a due tempi, che ha conseguito buoni risultati in termini di riduzione delle emissioni inquinanti.

Veicoli elettrici e ibridi

Oltre ai miglioramenti delle vetture tradizionali, utilizzabili sul mercato a breve termine, sono stati progettati e costruiti dei veicoli innovativi a propulsione elettrica e ibrida, che potranno avere applicazioni su larga scala solo nel medio-lungo termine. In particolare è stata realizzata una vettura puramente elettrica, denominata SOLARIA, la vettura ibrida serie VANZIC e la vettura bimodale ETABETA.

SOLARIA è un prototipo di vettura a trazione elettrica con alimentazione solare, ormai completo e marciante, realizzato dall'Università dell'Aquila. Si tratta di una vettura elettrica di piccole dimensioni (2 posti) che utilizza dei pannelli fotovoltaici a bordo ed a terra per la ricarica delle batterie, ad integrazione della ricarica convenzionale dalla rete elettrica.

La VANZIC (Figura 6) è una variante marciante del veicolo ZIC, che fu realizzato nell'ambito del PFMSTA (Progetto Finalizzato Materiali) dal Centro Ricerche Fiat. VANZIC ha una architettura monovolume (da cui il nome VAN-ZIC), ed una propulsione ibrida elettrico-termica di tipo «serie». Infatti, a monte del motore elettrico, verrà installato un gruppo motore-generatore detto A.P.U. (Auxiliary Power Unit), in grado di ricaricare continuamente le batterie che alimentano il motore elettrico, consentendo in questo modo un significativo aumento dell'autonomia operativa del sistema di trazione elettrico.

Lo scopo della ricerca è quello di limitare l'inquinamento prodotto dall'APU a valori addirittura inferiori a quelli dei piccoli bruciatori necessari per il riscaldamento invernale dei veicoli elettrici. Si sta esplorando anche la possibilità di installare

sulla vettura un sistema di propulsione elettrico con celle a combustibile.

ETABETA (Figura 7) è un prototipo di autovettura bimodale elettrico-termica, ormai completata e presentata in anteprima alla stampa nell'ultimo salone dell'Automobile di Torino (aprile '96). E' in corso la fase sperimentale su strada. Il gruppo di ricerca che ha partecipato alla realizzazione del prototipo è composto dalla Pininfarina Studi e Ricerche per lo stile e la costruzione della vettura, l'Università di Roma per la trazione elettrica, la Scuderia Bizzarrini per la messa a punto del propulsore termico e l'Enea come consulente per la scelta delle batterie.

La ETABETA è una vettura ad «abitabilità variabile» (la parte posteriore della vettura si può allungare per aumentare gli spazi interni ed accorciare per facilitare il parcheggio in città) ed è dotata sia di un sistema di propulsione elettrico che di un motore termico a benzina, utilizzabili alternativamente a scelta del guidatore.

Nell'uso in città si possono usare i soli motori elettrici che producono un inquinamento nullo, mentre fuori città si utilizza il solo motore a benzina che garantisce maggiore autonomia energetica alla vettura.

E' stata effettuata una ottimizzazione dei consumi del motore a benzina e sono in corso di sperimentazione i motori elettrici a disco integrati nelle ruote. La vettura è stata costruita con materiali leggeri totalmente riciclabili.

E' in corso di realizzazione, da parte di Pininfarina e della Scuderia Bizzarrini, in collaborazione con il Centro Ricerche Fiat e l'Università di Roma «La Sapienza», un nuovo prototipo sperimentale di vettura ibrida biposto dalle caratteristiche sportive.

Aerodinamica e rumore

In questi settori state svolte dall'Unità Operativa Industrie Pininfarina due ricerche particolarmente significative, aventi per oggetto lo studio dell'effetto suolo degli autoveicoli (cioè il comportamento aerodinamico della zona tra il pianale della vettura ed il terreno) ed il perfezionamento delle tecniche di intensimetria acustica in galleria del vento per la riduzione del rumore aerodinamico nei veicoli.

Il sistema di simulazione dell'effetto suolo in galleria del vento (Figura 8), ormai completamente funzionante, utilizza un tappeto mobile - di larghezza ridotta ed inserito all'interno delle ruote - per una migliore simulazione dei flussi sotto il pianale e quindi una migliore corrispondenza tra i risultati ottenuti in galleria del vento e quelli veri ottenibili su strada.

In aggiunta al tappeto mobile è stato studiato e realizzato un dispositivo indipendente per la rotazione delle ruote a veicolo fermo e dei sottosistemi aggiuntivi di aspirazione e soffiatura dello strato limite a monte del tappeto mobile. L'intero sistema rappresenta una soluzione innovativa del tutto inedita nel campo dell'aerodinamica sperimentale. Il successo della ricerca è ulteriormente confermato dal fatto che alcuni Costruttori automobilistici, tra cui BMW, stanno modificando le proprie gallerie del vento nel senso indicato da Pininfarina, in quanto il sistema messo a punto consente di simulare efficacemente il movimento relativo tra veicolo e suolo e quindi di riprodurre, con buona precisione, i flussi sotto pianale.

Una seconda attività di ricerca riguarda il rilievo delle sorgenti aeroacustiche sulla superficie esterna dei veicoli, e quindi la misura del rumore di origine aerodinamica.

Attualmente a questo scopo vengono costruite appositamente delle gallerie del vento di grandi dimensioni e di costo elevato, in cui il rumore di fondo interferisce in maniera ridotta sulle misure. L'obiettivo di questa ricerca, raggiunto con successo, era lo sviluppo di tecniche di intensimetria acustica che, funzionando anche in presenza di rumore di fondo, consentano di misurare con precisione il rumore aerodinamico anche nelle gallerie del vento convenzionali, con notevole risparmio di denaro.

Ulteriori sviluppi di entrambe le ricerche sono previsti in futuro. Infatti sia le misure aerodinamiche che aeroacustiche vengono oggi effettuate in presenza di un flusso con velocità più uniforme possibile e con turbolenza più bassa possibile. Il passo logico successivo è quello di poter variare a piacimento il profilo di velocità ed il livello di turbolenza della galleria del vento, per avvicinarci maggiormente alle condizioni su strada anche in presenza di vento laterale sulle autovetture con opportuna simulazione dei flussi turbolenti.

I veicoli ferroviari del futuro

In campo ferroviario si sono conseguiti risultati scientifici di sicuro interesse, che hanno riscosso approvazione anche in ambito internazionale. Tra questi sono da citare un sistema diagnostico del binario realizzato dalla Fiat Ferroviaria, un modello matematico per lo studio del comportamento dinamico del sistema treno-infrastruttura ed un sistema di trasporto a levitazione magnetica di nuova concezione, attualmente in fase di sperimentazione.

Il sistema per la diagnostica del binario (Figura 9) messo a punto dalla Fiat Ferroviaria è un disposi-

tivo ottico-meccanico-inerziale, installabile su treni in regolare esercizio, in grado di misurare le coordinate assolute della geometria di entrambe le rotaie, e quindi di monitorare la qualità della via sotto carico ed a qualsiasi velocità di marcia.

Le coordinate geometriche del binario vengono individuate attraverso un confronto tra la misura della posizione assoluta del telaio-carrello, rilevata mediante piattaforma inerziale, e la misura della posizione relativa del binario rispetto al telaio-carrello, rilevata con sensori ottico-meccanici.

Questo dispositivo fornisce risultati più completi, immediati e complessivamente meno costosi di quelli conseguibili con le ordinarie carrozze di misura in linea ancora oggi utilizzate, con le quali si richiede ogni volta di effettuare treni straordinari, senza peraltro riuscire a misurare le condizioni della via in condizioni reali in quanto le misure vengono effettuate a bassissima velocità.

Con questo dispositivo possono essere localizzate e valutate posizione ed entità delle irregolarità geometriche della via fin dal loro primo insorgere, seguendone giorno per giorno lo sviluppo e l'accrescimento. Viene così rilevato in modo continuativo come la linea reagisce al traffico in atto, ossia come le sue caratteristiche geometriche e meccaniche si modificano e si degradano nel tempo, ricavandone gli elementi necessari a programmare razionalmente la manutenzione della via e ad intervenire, se necessario anche in tempo reale, per eliminare qualsiasi anomalia grave.

Il Politecnico di Milano ha realizzato un modello matematico molto sofisticato per la simulazione del comportamento dinamico dei veicoli ferroviari per alta velocità e delle sue interazioni con l'armamento e la struttura portante.

Oltre alle componenti del rotabile, nel modello vengono considerati con la loro elasticità, massa e smorzamento gli elementi fondamentali della via (rotaie, traverse, ballast). Il modello studia la dinamica sia del veicolo che della via di corsa, tenendo conto della deformata prodotta dinamicamente non solo dall'azione del rotabile, ma anche dalla sua propagazione davanti al rotabile in moto.

Oltre agli aspetti teorici, è stata effettuata una verifica sperimentale mediante la caratterizzazione in laboratorio dei componenti dell'armamento nelle sue diverse tipologie realizzative.

L'importante obiettivo delle due ricerche descritte è fare chiarezza su tutti gli aspetti del comportamento dinamico del sistema treno-infrastruttura, prevedendo le azioni che vengono esercitate sulla via da parte di veicoli di ben determinate caratteristiche ed apprezzando le conseguenze in termini di decadimento della qualità geometrica del binario.

Ciò potrebbe permettere in futuro di pianificare i programmi di esercizio delle linee ad alta velocità e di giungere finalmente, su base razionale ed obiettiva, a regole comuni a livello europeo per stabilire il «mix» di treni, con differenti caratteristiche di velocità e carico assiale, che risultino accettabili sulle varie tratte della rete.

Nel campo dei sistemi di trasporto non convenzionali a levitazione magnetica, i cosiddetti Maglev, è in corso nel PFT2 una ricerca di estremo interesse. I treni a levitazione magnetica rappresentano il settore più avanzato della ricerca sull'alta velocità ferroviaria. Le realizzazioni sperimentali in Germania e Giappone, pur a fronte di ingentissimi finanziamenti, non hanno portato finora a risultati soddisfacenti.

Nel PFT2 è stata per la prima volta esaminata una soluzione del tutto inedita con magneti permanenti - proposta e studiata dal prof. Di Majo - che ha il vantaggio di risultare estremamente più semplice, affidabile ed economica dei sistemi finora sviluppati (Figura 10).

In questo sistema di trasporto il sostentamento del veicolo è garantito dai magneti permanenti che, agendo in repulsione, assicurano la stabilità verticale del sistema. Il problema della stabilizzazione laterale del sistema è stato risolto per via elettromagnetica con un sistema di controllo realizzato dal Politecnico di Torino.

In una prima fase della ricerca sono stati effettuati gli studi di natura teorica, necessari alla progettazione di un sistema completamente nuovo. In particolare è stato concluso brillantemente lo studio di ottimizzazione della geometria della pista magnetica, che, considerando tutte le soluzioni possibili, analizza in modo assolutamente completo le interazioni tra i magneti e fornisce tutti gli elementi per una scelta ragionata della configurazione economicamente più conveniente a parità di prestazioni.

E' stato studiato inoltre il fenomeno della smagnetizzazione che ha luogo nel caso in cui si utilizzino materiali magnetici diversi sul veicolo e sull'infrastruttura portante.

In seguito è stato realizzato un dispositivo sperimentale statico in scala 1:3. Si sta ora avviando la realizzazione di una linea di prova di circa 200 metri in collaborazione con le Ferrovie dello Stato, che dovrà esaminare a fondo il comportamento dinamico del veicolo in ogni condizione operativa.

Summary

In the subsidiary project «Vehicles» of Transport Project 2 many different research projects were financed. They concerned the innovation of vehicles of every sort: road, rail, naval and air. The most important products produced by this research, some of which have been joint patented with the CNR, mostly consist of prototype vehicles or relevant subsystems of the same except for the research done on naval and air vehicles. In these areas research has been concentrated on the improvement of project methodology. In the field of road traffic various subjects have been studied having to do with different aspects of automobiles, industrial vehicles, buses and trolley-buses: namely, the preparation of projects, simulation, intrinsic structural safety, acoustics, aerodynamics, the reduction of energy consumption and pollution, etc. The general purpose has been to develop avant-garde technologies. Particular attention has been given above all to internal combustion engines and to alternative systems of propulsion. The railroad research was directed above all towards the development of advanced technical solutions for conventional and non-conventional high speed trains. In the subsidiary project «Vehicles», institutes of the CNR, universities and industrial research centres obtained results of high scientific value. This article summarily illustrates only a small part of the research carried out with preference given to projects that resulted in the realization of experimental prototypes. In particular the following topics were treated:

- Automobile Innovation
- The Motors of the Future
- Electric and Hybrid Vehicles
- Aerodynamics and Noise
- The Railroad Vehicles of the Future