

Soluzioni per la mobilità autonoma di disabili tetraplegici in spostamenti a corto e lungo raggio

A. Arengi, A. Copeta, R. Faglia, S. Uberti, V. Villa
Dipartimento di Ingegneria Meccanica - Università degli Studi di Brescia
Via Branze, 38 - 25123 Brescia - e-mail: villa@ing.unibs.it

1. Introduzione

1.1 Mobilità utenza disabile, mezzi pubblici/mezzi privati

La necessità e la richiesta di mobilità è sempre più integrata nello stile di vita dell'uomo di inizio millennio: mobilità intesa come "esigenza di esserci", come partecipazione, per i più diversi motivi (dal lavoro al turismo), alla vita sociale i cui orizzonti si identificano col fenomeno di "globalizzazione" in atto. Questa esigenza attraversa tutti gli strati sociali e, a dispetto delle moderne tecnologie informatiche (Internet, video-conferenze, tele-lavoro), è sempre più pressante.

In generale, il bisogno di muoversi non è condizionato né dallo stato sociale, né dal sesso, né dall'età e, dunque, interessa anche "l'utenza ampliata" [1] e cioè una fascia di popolazione che comprende i disabili, gli anziani, le persone con temporanei impedimenti, le donne incinte e i bambini. La consistenza numerica, su base europea, di tali persone è stimabile nel 25%-30%¹ dell'intera popolazione con una proiezione in aumento considerando l'allungamento della vita media.

Ora, venendo più specificatamente alla mobilità dell'utenza disabile [4], è utile distinguere tra residenti e non residenti. La distinzione è necessaria perché diverse sono le esigenze di una persona che vive e lavora in una determinata città rispetto a chi si rechi nella stessa, ad esempio, per turismo. I fattori che maggiormente li distinguono sono la disponibilità di tempo e i percorsi: il residente che si rechi al posto di lavoro deve rispettare certi orari e percorre il tratto casa-sede di lavoro almeno due volte al giorno lungo un percorso non necessariamente coperto da servizi pubblici; il turista, al contrario, ha più tempo, quasi certamente visita posti di interesse, collegati da servizi pubblici, si trova in una 'condizione psicologica' più favorevole ad accettare 'situazioni di adattamento' e spesso si muove accompagnato. La distinzione introdotta identifica anche 'il raggio di spostamento' che per i primi è nell'ambito urbano, per i secondi extraurbano; anche se è ovvio che un'eventuale soluzione per i secondi (non residenti), avvantaggi entrambi.

Queste preliminari e, per certi versi, ovvie considerazioni hanno indirizzato il lavoro di ricerca che, pur dividendosi in due proposte, è guidato dal medesimo obiettivo: permettere al disabile

¹ Il dato statistico è riportato da numerose fonti tra cui "Guida europea di buona prassi - Verso la parità di opportunità delle persone disabili" del Gruppo HELIOS II, Commissione Europea, Bruxelles, dicembre 1996

tetraplegico di entrare ed uscire da un automezzo seduto sulla propria carrozzina in maniera autonoma e sicura. Il primo progetto, TeDriS, riguarda lo studio di un servo-meccanismo atto ad 'agganciare' la carrozzina e trasferirla, con la persona, al posto guida o al posto passeggero anteriore di un'auto monovolume in commercio (Megan Scenic di Renault) ponendo così al centro dell'attenzione gli interventi da operarsi sull'assetto della carrozzina e lasciando di fatto inalterata l'autovettura; il secondo, MarGO, parte da un'ottica complementare ovvero progettare un nuovo veicolo 'intorno alla carrozzina' sfruttando la normativa meno vincolante in termini di omologazione che regola i veicoli con propulsore aventi potenza fino a 4 kW.

1.2 Linee guida per la progettazione di veicoli per disabili tetraplegici

Si premette che è difficile stabilire le caratteristiche di un veicolo adatto a disabili tetraplegici. Infatti, a seconda di come si presenta la disabilità, le abilità residue possono risultare molto diverse nei diversi soggetti a parità di lesione.

Inoltre, molte delle possibili modifiche al veicolo potrebbero non essere compatibili con le leggi correnti o il comune senso estetico che, nella maggior parte dei casi, guida le scelte dei produttori del settore auto e moto.

A dispetto di ciò è possibile dare alcune indicazioni di validità generale che, per quanto non definitive, sono utili alla progettazione di sistemi per la salita al mezzo sia come guidatore che come passeggero.

Come primo passo sarebbe opportuno che la seduta dell'automobile si trovasse alla stessa altezza dal suolo della seduta della carrozzina. Come riscontrato nei fatti, generalmente, il tetraplegico sale in vettura o con l'ausilio di una tavola, che funge da ponte tra la carrozzina e il sedile, o traslato di peso da un assistente. Nel primo caso la persona, assistita, scivola sulla tavola e, in questa fase, una pendenza potrebbe costituire una grossa ostruzione.

Come seconda indicazione per l'adattamento ai bisogni di un utente tetraplegico, sarebbe utile una portiera larga (scorrevole o con ampio angolo di apertura): questo consentirebbe un più facile ingresso e permetterebbe una migliore allocazione del dispositivo, automatico o manuale, che semplifica o sostituisce l'azione di chi aiuta.

Quando la persona tetraplegica è seduta al posto guida, alcuni dispositivi devono essere presenti per rendere possibili le tipiche azioni di guida (sterzo, accelerazione, frenata, azionamento di luci, indicatori di direzione, tergicristalli, ecc.).

In generale, questi sistemi sono spesso concepiti come servocontrolli che richiedono un certo spazio tra il sedile e la plancia. Per questo motivo, una plancia di forma semplice potrebbe essere molto utile per posizionare questi controlli.

In molte situazioni la presenza del volante può essere un grosso impedimento all'ingresso al veicolo; inoltre, nella maggior parte dei casi, il guidatore tetraplegico sterza con l'ausilio di una forcina che vincola il suo polso al volante. In questo caso, il volante in se stesso è inutilizzato, e solo una razza fissata alla colonna di sterzo potrebbe essere sufficiente. Ciò aiuterebbe ad ottenere un più ampio spazio tra il sedile e la plancia.

Infine, andrebbe ricordato che un'automobile per disabili deve essere equipaggiata con cambio automatico e sistema di climatizzazione in quanto essi soffrono spesso di problemi di respirazione e traspirazione.

Le prestazioni che un disabile tetraplegico cerca in una vettura, e che attualmente in Italia non trova, sono di interfacciamento uomo-macchina, ciò significa:

- accesso al mezzo (posto guida o passeggero);
- controlli per la guida e funzioni accessorie;
- ancoraggio (le normali cinture autobloccanti non sono sufficienti nel caso di guidatore tetraplegico);

Le prestazioni che un normale acquirente valuta nell'acquisto di un'autovettura (velocità, ripresa, consumo, estetica, costo, ecc.) vengono in secondo piano.

1.3 Il gruppo di lavoro

Nell'ambito del Dipartimento di Ingegneria Meccanica dell'Università degli Studi di Brescia opera un gruppo di ricerca, costituitosi informalmente, ma attivo ormai da circa quattro anni e orientato allo sviluppo di ausili per disabili, composto da figure con professionalità differenti:

- Prof. Danilo Cambiagli, docente di Disegno di Macchine;
 - Prof. Rodolfo Faglia, docente di Meccanica Applicata;
 - Ing. Valerio Villa, tecnico laureato presso la cattedra di Disegno di Macchine;
 - Ing. Stefano Uberti titolare di assegno di ricerca sul progetto TeDriS;
 - Dr. Daniele Malgrati, fisiatra, primario presso la casa di cura S. Francesco di Bergamo;
 - Ing. Alberto Arengi, tecnico laureato strutturista.
-
- Hanno inoltre partecipato:
 - Ingg. Davide Abate, Gabriele Baronio, Alessandro Modena e Sergio Monetti, laureatisi con tesi sul progetto TeDriS;
 - Ingg. Alessandro Copeta, Graziano Bodei, laureatisi con tesi sul progetto MarGO
 - Ing. Ignazio Bertola, titolare della ditta Elvi di Visano (BS), produttrice di motori elettrici, che ha finanziato parte della costruzione del prototipo del TeDriS

2. Il progetto TeDriS Tetraplegic Driving System

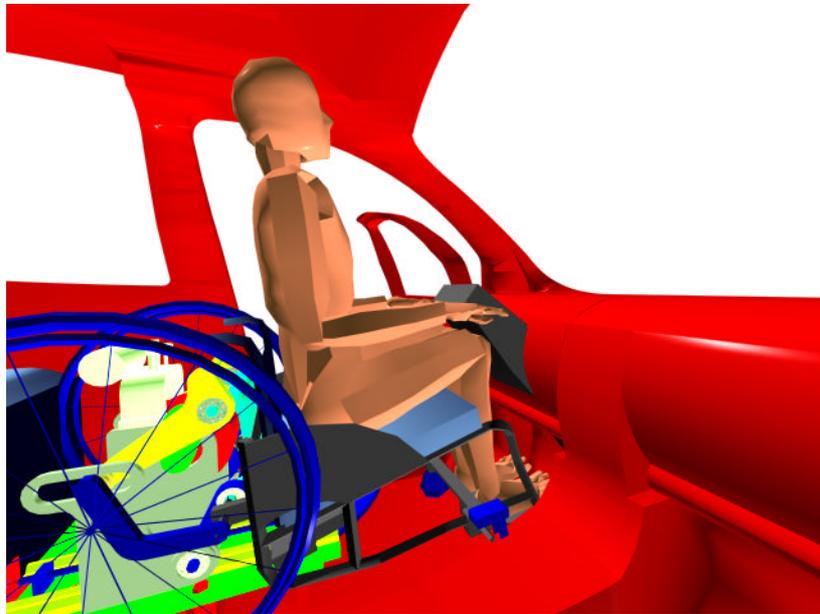


Figura 1. Progetto TeDriS.

2.1 Il problema affrontato

Mentre esistono prodotti commerciali che consentono la guida ad un soggetto tetraplegico una volta a bordo del veicolo, risulta un punto estremamente delicato e non ancora effettivamente risolto il collocamento autonomo del disabile al posto di guida.

Alle difficoltà intrinseche del passaggio in autovettura (ingombri, accessibilità “anello porta”, spazi interni che limitano la mobilità, ecc.), va aggiunto il fatto che la massima autonomia e comfort per il disabile si verifica quando lo stesso si trova sulla propria carrozzina: è indispensabile che la carrozzina sia dove è il disabile.



Figura 2. Attuale procedura di salita a bordo vettura da parte di un tetraplegico: il disabile deve essere necessariamente aiutato da un collaboratore.

2.2 La soluzione proposta

Lo studio, dopo aver affrontato e risolto i principali problemi funzionali in modo innovativo, sfruttando tecniche di simulazione tridimensionale (che hanno consentito di by-passare una fase di

costruzione di modelli reali 3D solitamente lunga e onerosa), è proseguito con la prima stesura del progetto esecutivo del servomeccanismo e della carrozzina, nonché con la definizione delle modalità operative di impiego del dispositivo. Sono state quindi eseguite delle simulazioni di traiettorie di ingresso, predisposti modelli numerici per l'analisi strutturale della carrozzina in condizioni di carico differenti da quelle tipiche e verifiche delle parti critiche del servomeccanismo di sollevamento e dell'interfaccia con la carrozzina. Per approfondimenti di carattere tecnico scientifico si rimanda alla bibliografia allegata.

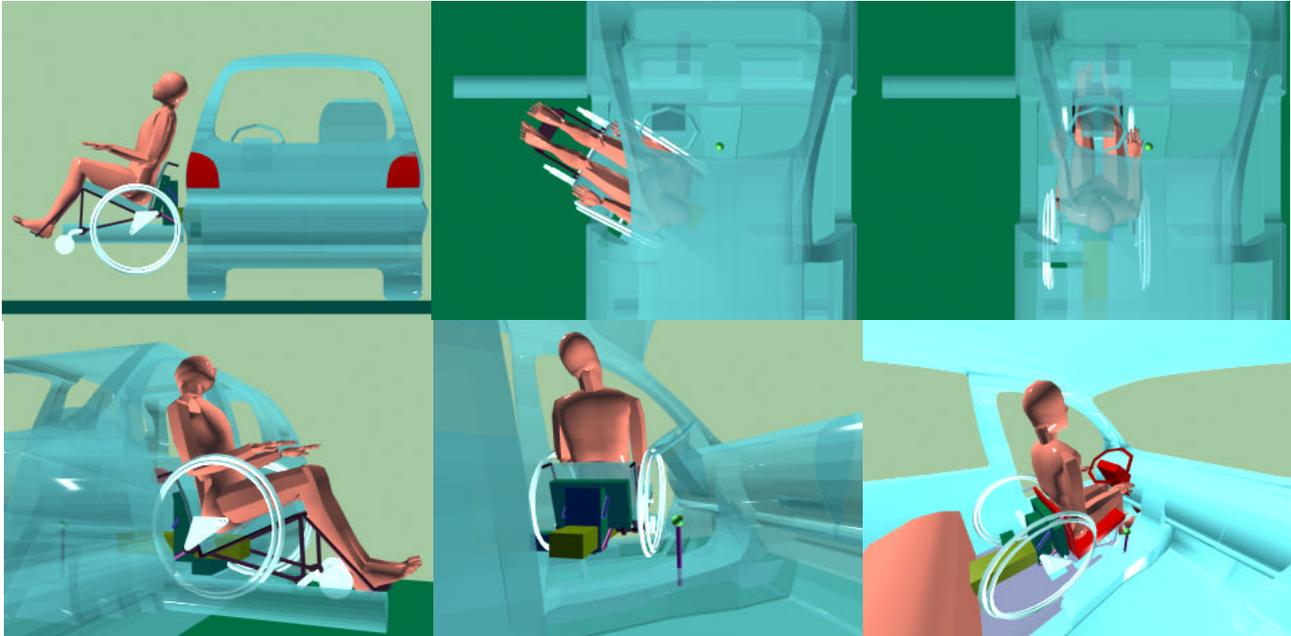


Figura 3. Immagini dal simulatore 3D: soluzione servoassistita sviluppata dal Dipartimento di Ingegneria Meccanica.

Il sistema, costituito essenzialmente da un sollevatore meccanico che realizza una opportuna traiettoria e da una carrozzina modificata, sembra rispondere pienamente alle specifiche prefissate e, stanti le esaustive e severe verifiche sul modello virtuale, è apparso realizzabile e funzionante, tanto che l'Università ha proceduto alla copertura brevettuale dello stesso.

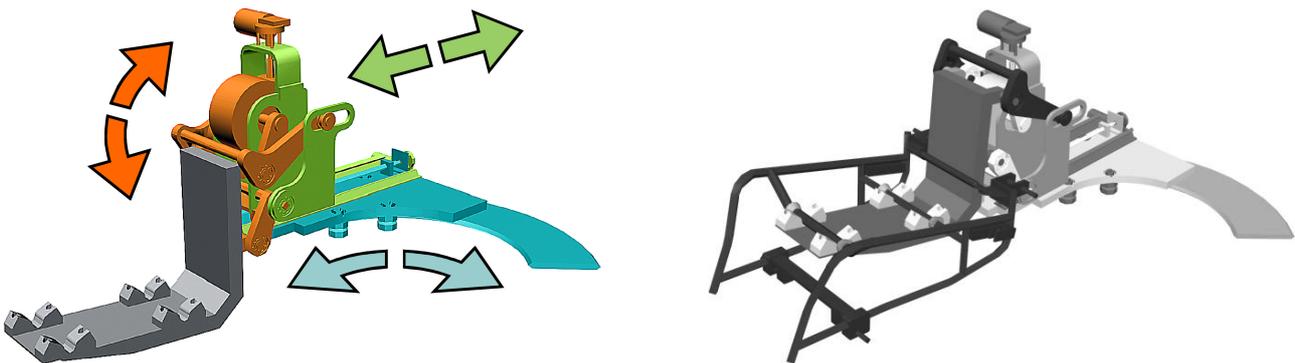


Figura 4. Servomeccanismo sollevatore.

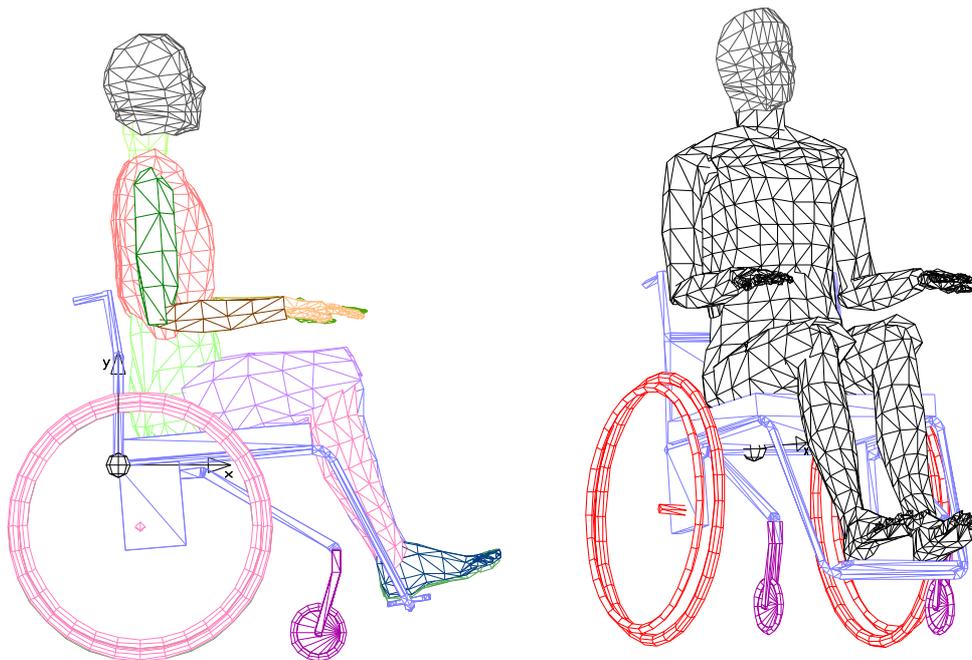


Figura 5. Carrozzina modificata: attraverso un meccanismo a quadrilatero articolato le ruote si sollevano riducendo l'ingombro verticale.

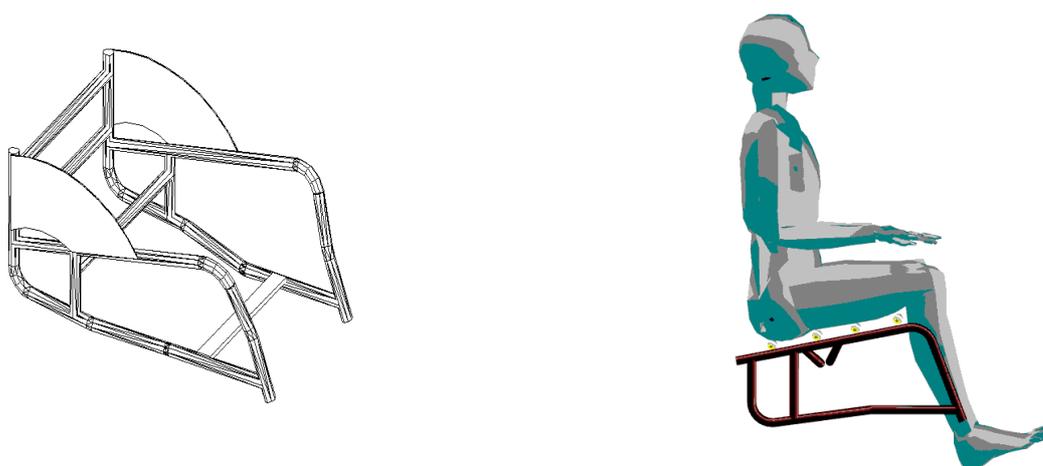


Figura 6. Telaio della carrozzina con simulazione della postura del disabile.

I risultati fin qui ottenuti sono stati pubblicati in varie manifestazioni nazionali internazionali e presentati, ad un numero molto ristretto, per ora, di osservatori più qualificati: disabili e operatori economici del settore “Ausili per Disabili”. L’interesse è stato notevole ed ha suscitato apprezzamenti soprattutto per la sua originalità.

Grazie a finanziamenti, provenienti quasi esclusivamente dal settore privato, è stato possibile realizzare un prototipo del servomeccanismo di sollevamento completo di interfaccia con la carrozzina. Attualmente è in corso una attività di verifica della cinematica e delle capacità di carico. Di seguito viene mostrata la sequenza di ingresso al posto guida.

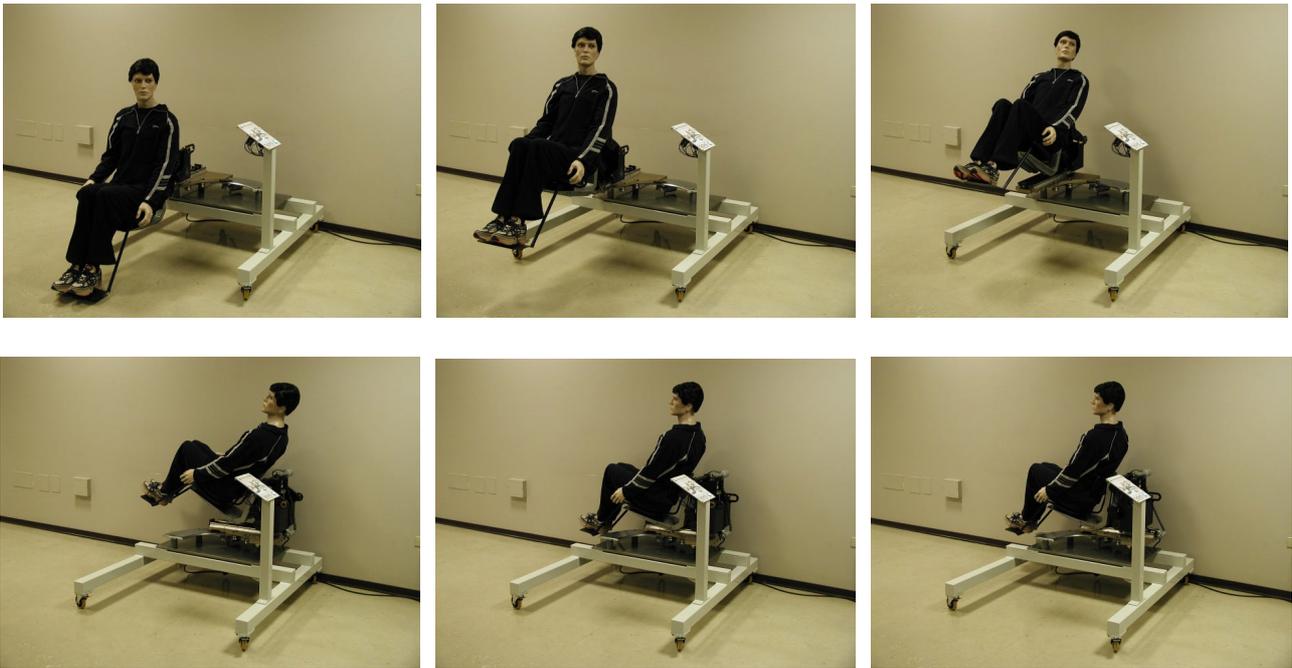


Figura 7. Sequenza fasi prototipo.

2.3 Breve descrizione del sistema

A partire dal 1997 sono state svolte le seguenti attività:

- individuazione della traiettoria che consentisse di portare un disabile in carrozzina al posto guida di una vettura in commercio;
- progettazione del dispositivo di caricamento della carrozzina speciale e del sistema di aggancio;
- verifica del comportamento del sistema progettato con tecniche di simulazione virtuale 3D;
- copertura brevettuale del sistema;
- costruzione di un prototipo del servomeccanismo di caricamento e dell'interfaccia di aggancio con la carrozzina;
- parziale realizzazione di una piattaforma con gli ingombri del posto guida.

I punti salienti della soluzione si riassumono come segue:

- La vettura non subisce alcuna modifica strutturale irreversibile, ciò significa:
 - riduzione dei costi di installazione;
 - mantenimento del valore commerciale in caso di vendita prima della fine del ciclo di vita del mezzo, cosa opportuna e raccomandabile in quanto nei veicoli la probabilità di guasto aumenta con l'usura, anche in caso di perfetta manutenzione.
- Gli unici interventi, peraltro reversibili, al telaio del veicolo sono:
 - aumento dell'angolo di apertura della portiera;
 - motorizzazione dell'apertura della portiera (solo versione guidatore).
- Il disabile rimane seduto sulla propria carrozzina, ciò significa:
 - sicurezza, il passaggio dalla carrozzina al sedile è fonte di rischio e a volte di piccole contusioni;
 - comfort psicologico, la carrozzina è una protesi, diviene estensione del corpo della persona, separarsene è fonte di disagio;
 - comfort fisico, la carrozzina e la seduta sono molto più adatti e adattati al soggetto di quanto possa essere il miglior sedile.
- Economicità: il kit, già nella versione prototipo, costa meno delle attuali soluzioni, che tentano, senza riuscirci, di effettuare lo stesso tipo di servizio.

2.4 Limitazioni e aspetti negativi

Il principale aspetto negativo della soluzione consiste nella necessità di dover impiegare una carrozzina opportunamente modificata. Dovendo ridurre l'ingombro verticale durante il passaggio attraverso l'anello porta è indispensabile ritrarre le ruote montando sulla carrozzina un dispositivo, che nella fattispecie è un quadrilatero articolato. Tale meccanismo oltre ad aumentare, seppur di poco, il peso della carrozzina, tende a peggiorarne la robustezza.

Un altro aspetto negativo risiede nella complessità e nel peso del servomeccanismo di caricamento, in gran parte le due cose sono dovute al fatto che si tratta di un prototipo, una revisione in ottica di produzione potrà sicuramente ridurre costi e masse del sistema.

Una limitazione proviene invece dal tempo di ingresso e uscita dalla vettura che si prevede dell'ordine di pochi minuti, a questo tempo va aggiunto quello necessario per l'ancoraggio al sedile con cinture che probabilmente non saranno le comuni autoavvolgenti a tre punti. Questo potrebbe scoraggiare l'uso del mezzo per spostamenti a corto raggio, benché in mancanza di altro la soluzione farebbe la differenza tra mobilità autonoma o meno.

2.5 Sviluppi futuri

Completata la fase di verifiche in corso sul servomeccanismo di sollevamento si prevede di costruire, dopo averne revisionato il progetto, la carrozzina con ruote retrattili e successivamente completare il banco prova che ospita il prototipo con i simulacri degli ingombri della vettura.

Effettuata una nuova serie di verifiche funzionali e di resistenza il passo seguente sarà di montare il tutto su una vettura e completare il progetto con una fase sperimentale sul campo.

3. Il progetto MarGO

3.1 Motivazioni

Per ovviare ai limiti e ai difetti intrinseci del TeDriS, e per consolidare le prime competenze acquisite sul settore specifico, sono stati posti dei vincoli progettuali complementari rispetto ai precedenti:

- carrozzina di tipo qualsiasi;
- dispositivo di caricamento estremamente semplice, possibilmente assente;
- vettura da costruire intorno all'interfaccia uomo-macchina (accesso, ancoraggio, controllo del mezzo).

La soluzione che ne è derivata è anch'essa complementare, il veicolo è adatto a spostamenti brevi con frequenti soste. Inoltre, l'aver affrontato la progettazione di un veicolo su premesse assolutamente non tradizionali consente un nuovo e interessante punto di vista sulle questioni della mobilità in generale, evidenziando, tra l'altro l'opportunità di definire una nuova categoria di veicoli valida in senso generale.

3.2 Concezione di un veicolo nella logica dell'utenza ampliata

3.2.1 *Rischio di "posizionamento marketing" negativo*

Il principale errore in cui si può incorrere nell'affrontare un tale progetto è quello di concentrarsi troppo su un solo target di utenti e ciò, ovviamente avrebbe riscontri negativi sul piano commerciale, sia per quanto riguarda la realizzazione e la successiva vendita.

Per una serie di intuibili motivi, il disabile non gradisce guidare un veicolo che lo identifica come tale in mezzo al traffico; a tal proposito ricordiamo le automobili DAF degli anni '60/'70 che si erano immeritatamente connotate come automobili per disabili e anziani anche a causa della presenza del cambio CVT "Variomatic" (un gioiello della trasmissione di potenza con capacità intrinseche di differenziale autobloccante) grazie al quale la vettura aveva solo due pedali e nessuna leva del cambio e dunque una nativa facilità di adattamento alla guida dei disabili.

Quante DAF hanno acquistato i disabili e quanti di loro hanno speso qualcosa in più pur di adattare una qualsiasi diversa vettura?

3.2.2 *Opportunità di una nuova categoria di veicoli*

I veicoli per trasporto di persone sono classificati principalmente rispetto alle dimensioni, livello di allestimento, ecc. Sono a volte classificati in base alla quantità e/o qualità, ma non in base al tipo di prestazione che viene loro richiesta.

Per meglio spiegare questo concetto si ricordi che per quanto la linea di una vettura possa essere affascinante e la sua guida emozionante, dal punto di vista fisico ogni veicolo, dalla bicicletta alla Formula 1, non fa altro che compiere traslazioni da un punto ad un altro su traiettorie che, tra l'altro, tendono ad essere piane. Nel caso del trasporto di persone questa performance è comprensiva di più fasi:

SALITA – PARTENZA – TRAGITTO – ARRESTO - DISCESA

Normalmente le prestazioni rilevate ed enfatizzate sono quelle relative alla sola fase di tragitto: velocità massima; accelerazione; consumo; comfort di marcia; ecc.

In genere viene dato poco o nessun risalto alla facilità di salita/discesa dalla vettura. Questo è sostanzialmente dovuto al fatto che tali operazioni, nel quotidiano utilizzo degli autoveicoli da parte di normali utenti, occupano una minima porzione del tempo e dello sforzo complessivi.

Esistono, tuttavia, alcune categorie di utenti che necessiterebbero di veicoli dove l'accesso e la discesa fossero ottimizzati per ridurre al minimo il tempo e lo sforzo di esecuzione. Si pensi, ad esempio, ad utenti come postini e corrieri espresso che compiono brevi tragitti intervallati da frequenti soste usando mezzi come ciclomotori, automobili e furgoncini, disegnati e ottimizzati per la fase di tragitto.

È possibile concepire una nuova categoria di veicoli pensata per soddisfare questi utenti. Categoria che si è deciso di chiamare **"Pick & Place"** (prendi e posa) allo stesso modo con cui vengono chiamati certi tipi di robot/manipolatori ad elevate prestazioni dinamiche (anche in quel settore sono molto importanti le fasi di partenza e arresto).

Discriminiamo l'appartenenza alla categoria a seconda che le fasi di salita, partenza, arresto e discesa siano più o meno importanti rispetto alla fase di tragitto.

3.2.3 Possibile "strategia di marketing" per la MarGO

Come già sopra ricordato il successo commerciale di un veicolo così pensato passa attraverso la sua presentazione al pubblico con l'immagine come di autovettura non necessariamente dedicata ad un'utenza disabile.

Per riuscire quindi a promuovere la MarGO evitando che acquisti un'immagine negativa, un ipotetico costruttore dovrebbe comportarsi come segue:

- Non promuovere e non vendere la MarGO nella versione per disabili ma in quella per consegne a domicilio, posta, pane, latte, ecc. (versione base);
- Aspettare che si affermi in questa categoria (oggettivamente la categoria esiste già, a prescindere che compaia nelle riviste automobilistiche o nelle statistiche ufficiali);
- Lanciare un kit di trasformazione che consenta, in modo semplice e veloce, senza modifiche irreversibili, di adattare la MarGO all'uso di disabili tetraplegici.

Come nel progetto TeDriS un veicolo pensato per un'utenza non disabile viene modificato in modo reversibile tramite un kit di trasformazione, la differenza è che in questo caso il veicolo di partenza è disegnato nel modo più conveniente allo scopo.



Figura 8. Sequenza di accesso versione base.

3.3 Interfaccia uomo macchina

3.3.1 Sistema di accesso

Il sistema di accesso è costituito da una serie di semplici dispositivi forniti come kit di trasformazione della versione base, è costituito dai seguenti elementi:

- Barra – è un profilato tubolare a forma di “U”. La barra ha due scopi:
 - occupare area parcheggio nella zona retrostante per evitare che qualcuno parcheggi troppo vicino;
 - proteggere il guidatore in carrozzina durante le fase di salita e discesa in cui è più vulnerabile, la presenza della barra fornisce anche una sicurezza psicologica oltrech  oggettiva all’utente disabile in quanto l’uscita dal mezzo di schiena   fonte di apprensione.
- Pedana/Pavimento Abbassabile – l’alternativa a questo sistema sono delle sospensioni ad altezza variabile ma tale soluzione   stata scartata per due motivi:
 - le sospensioni ad altezza variabile non trovano giustificazione nella versione base che dovr  avere nel costo uno dei fattori competitivi (ha negli scooter e non in altre vetture il principale concorrente);
 - non   possibile effettuare il bloccaggio della carrozzina durante la fase di salita come invece si pu  fare con la Pedana/Pavimento Abbassabile.
- Motorizzazione Portellone – questo componente   necessario perch  per il guidatore in carrozzina   praticamente impossibile chiudere autonomamente il portellone come invece accade nella versione base.

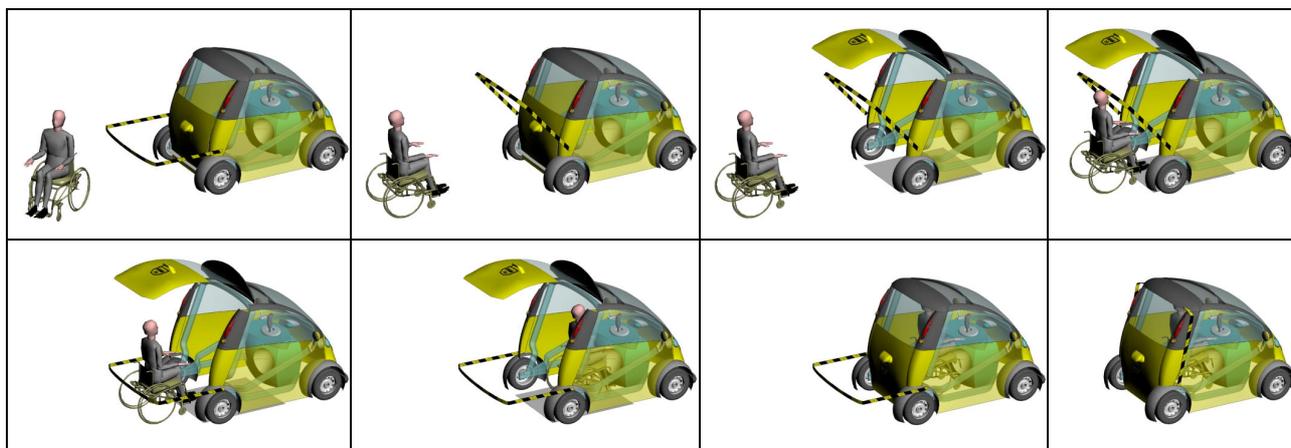


Figura 9. Sequenza di accesso versione disabili.

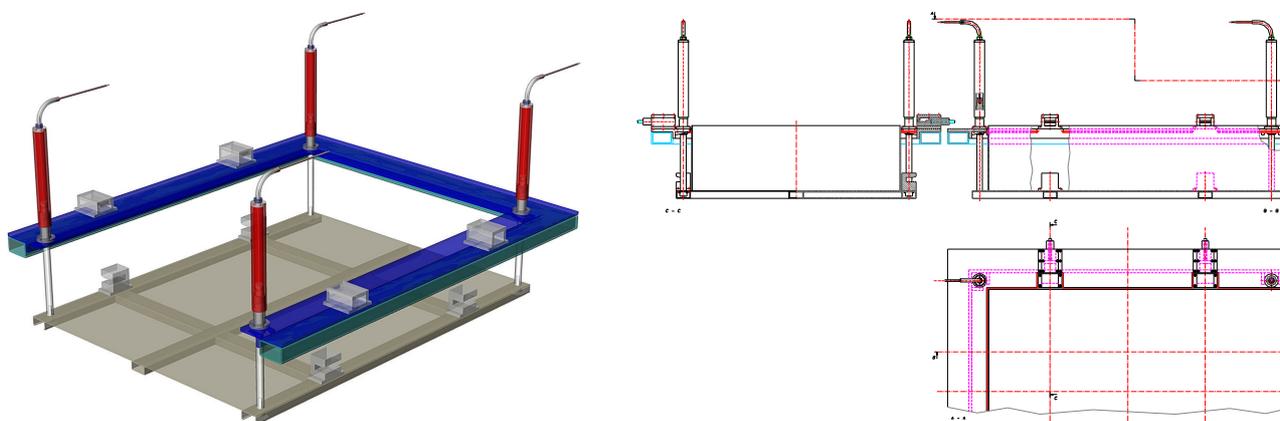


Figura 10. Pedana/pavimento abbassabile.

3.3.2 Sistema di ancoraggio

Il sistema di ancoraggio è in parte comune in tutte le versioni ed in parte integrato nel sistema di accesso:

- Cinture Autobloccanti – sono normali cinture di sicurezza del tipo presente su tutte le vetture commerciali, l’accesso da dietro consente di lasciarle permanentemente allacciate;
- Blocco Carrozzina – come già detto il bloccaggio della carrozzina viene realizzato nella fase di salita della Pedana/Pavimento Abbassabile
- Appoggiatesta – è fissato al portellone, quello della versione per guidatore in carrozzina è più piccolo di quello della versione base che comprende anche lo schienale.

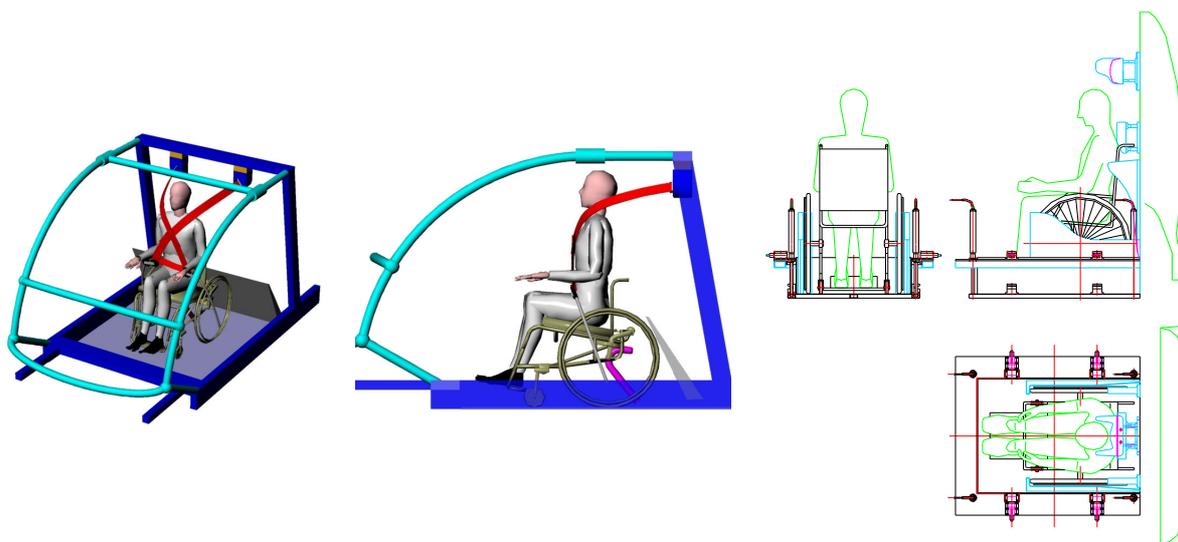


Figura 11. Sistema di ancoraggio.

3.3.3 Sistema di controllo del mezzo

Il controllo di guida verrà effettuato tramite un Joystick mentre i controlli di funzioni come: fari indicatori di direzione; tergicristalli; verranno effettuati con sistemi già disponibili nel settore “Allestimenti Speciali”. Il Joystick è presente anche nella versione base mentre gli altri controlli vanno forniti nel Kit di Trasformazione.

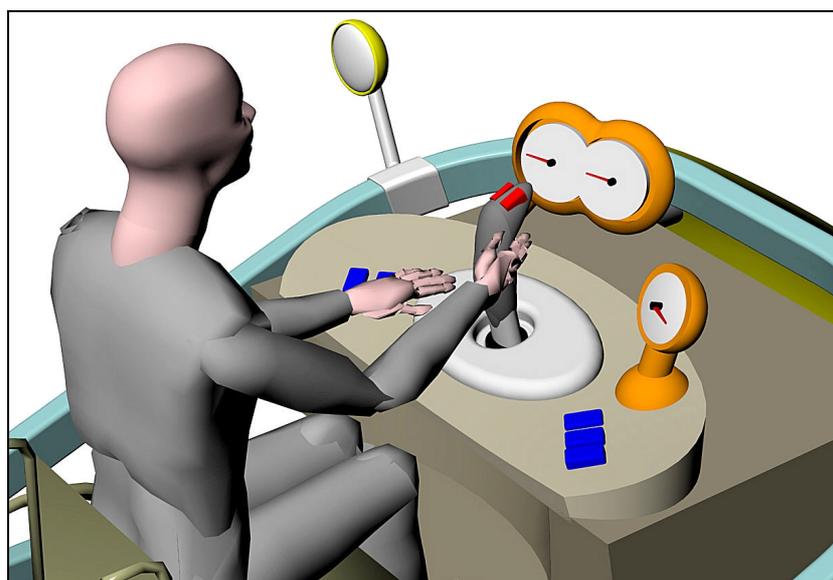


Figura 12. Controllo del mezzo.

3.4 Design

Anche qui, come in tutti gli altri settori automotive, il design è molto importante, comunica lo spirito e l'uso del mezzo.

Per la MarGO è stato ricercato un design che fosse più simpatico che aggressivo e che facilitasse gli adattamenti ai vari usi professionali prevedibili per la versione base.

Anche il nome (di fantasia) è stato scelto, dopo una lunga fase di valutazioni, con la stessa ottica.

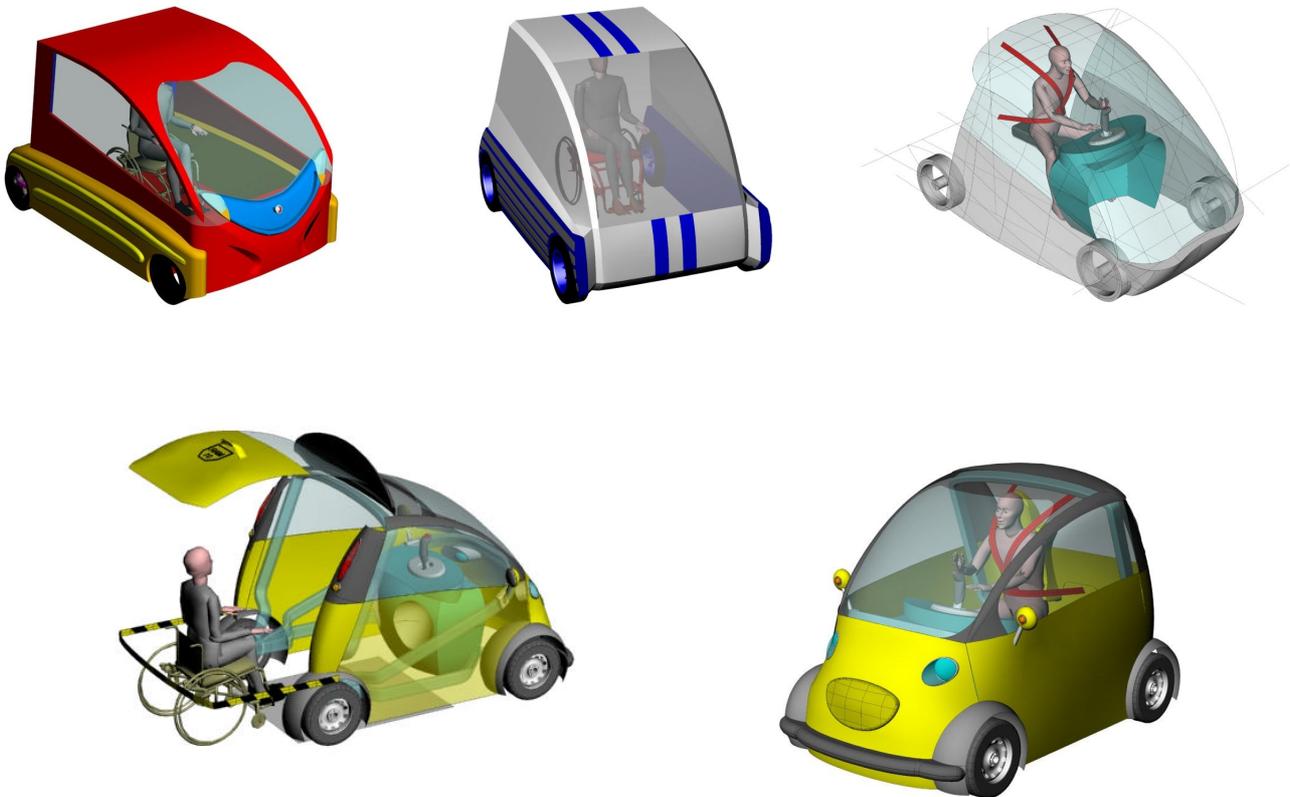


Figura 13. Evoluzione del Design.

3.5 Limitazioni e aspetti negativi

Allo stato di avanzamento del progetto si possono rilevare le seguenti limitazioni: non è prevista la dotazione di un climatizzatore perché il suo funzionamento implica la presenza di una sorgente di potenza ulteriore a quella destinata alla trazione (altro motore). In considerazione della scelta, praticamente obbligatoria in funzione dell'utilizzo urbano, di adottare la trazione ecologica elettrica il raggio e il tempo di utilizzo previsto sono molto contenuti.

3.5.1 Sviluppi futuri

Attualmente il progetto si trova nella fase di studio di fattibilità, come si può vedere dalle immagini illustrate è stato approfondito lo studio del sistema di accesso che è il nodo attorno al quale vengono fatte quasi tutte le scelte progettuali.

La prossima fase sarà di sviluppare la parte di controllo del veicolo puntando a integrare molta componentistica già presente in commercio.

In seguito si affronterà la motorizzazione (quasi sicuramente elettrica) e successivamente la parte telaio/sospensioni.

4. Conclusioni

I due progetti descritti, TeDriS e MarGO, fanno riferimento rispettivamente alle esigenze di spostamento a lungo e corto raggio di un utente tetraplegico e possono dare un'importante e significativa risposta alle esigenze di mobilità avendo affrontato il problema dell'entrata/uscita dal veicolo in sicurezza ed autonomia, tema il più delle volte trascurato a favore dello studio di sistemi di guida, ma decisivo per un'effettiva autonomia. La 'filosofia progettuale' che li informa tiene conto dei criteri del 'progetto per l'utenza ampliata': i veicoli non risultano espressamente dedicati per un tipo di utente, le modifiche atte a rendere possibile il loro utilizzo da parte di disabili tetraplegici non modificano il design degli stessi, il costo di produzione è contenuto rispetto ad altre soluzioni presenti sul mercato estero.

Un forte input progettuale, così come più volte sottolineato, è 'il fattore marketing' che in un settore fortemente competitivo come quello dell'automobile, diventa una discriminante decisiva: l'intento perseguito non è stato solo quello di progettare soluzioni che dessero la risposta al problema dell'entrata/uscita in autonomia di un disabile tetraplegico con la propria carrozzina, ma di considerare anche l'eventuale impatto sul mercato in modo che i progetti possano avere un futuro e se ne possa vedere la realizzazione.

5. Riferimenti bibliografici

- [1] G. Del Zanna; "Progettare l'Accessibilità"; Grafill; Palermo; 1999.
- [2] J. Loczi; "Effects of selected car door constraints on selected movement parameters while entering and exiting automobiles"; PhD Thesis, University of Illinois; Urbana-Campaign; U.M.I.; Ann Arbor; Michigan; USA; 1993.
- [3] Al Ries, Jack Trout; "Positioning: The Battle for your Mind"; Warner Books; (Novembre 1985).
- [4] Alberto Arengi; "Urban Mobility of Disabled Users"; VII conferenza internazionale "VIVERE E CAMMINARE IN CITTÀ". Mobilità pedonale e trasporto pubblico"; Brescia-Cremona-Piacenza; 8-9-10 giugno 2000.
- [5] D. Abate, S. Monetti; "Sistemi di ausilio per Disabili: Progetto di un servomeccanismo pilotabile dal disabile finalizzato ad agevolare l'accesso al posto guida di una autovettura"; Tesi di Laurea, Università di Brescia; A.A. 1996/97.
- [6] G. Baronio, A. Modena; "Sistemi di ausilio per Disabili: Progetto di meccanismi integrati nella carrozzina finalizzati ad agevolare l'accesso al posto guida di una autovettura"; Tesi di Laurea, Università di Brescia; A.A. 1996/97.
- [7] A. Arengi, D. Cambiagli, R. Faglia, M. Gadola, D. Vetturi, V. Villa; "On the design of an auxiliary device for disabled people"; IV International Congress of Project Engineering; Cordoba, Spagna, 7-9 Ottobre 1998.
- [8] D. Cambiagli, P.L. Magnani, V. Villa; "Devices for tetraplegic people: an innovativ mechanical system for climbing aboard the driver car seat"; Tenth World Congress on the Theory of Machines and Mechanism (IFTOMM); Oulu; Finlandia; 20-24 Giugno 1999.
- [9] A. Copeta; "Studio di fattibilità di un veicolo leggero per disabili. Modalità di accesso e guida"; Tesi di Laurea; Università di Brescia; A.A. 1999/2000.
- [10] D. Cambiagli, M. Gadola, S. Uberti, V. Villa; "Morphological study of man-machine interfaces in a completely new type of car"; 12th International Conference on Design Tool and Methods in Industrial Engineering, Rimini; 5-7 settembre 2001.