

Domenico Gattuso

**MECCANICA
DELLA LOCOMOZIONE**

Esercizi ed applicazioni

FrancoAngeli

*Strumenti per l'analisi
dei sistemi di trasporto*

*Università Mediterranea
di Reggio Calabria*

Informazioni per il lettore

Questo file PDF è una versione gratuita di sole 20 pagine ed è leggibile con **Adobe Acrobat Reader**



La versione completa dell'e-book (a pagamento) è leggibile **con Adobe Digital Editions**.

Per tutte le informazioni sulle condizioni dei nostri e-book (con quali dispositivi leggerli e quali funzioni sono consentite) consulta [cliccando qui](#) le nostre F.A.Q.

Nel quadro della riforma universitaria, nell'ambito dell'Area Trasporti della Facoltà di Ingegneria del DIMET presso l'Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria, è emersa la necessità di fornire agli allievi, dei differenti livelli, un insieme di pubblicazioni agili che affiancassero i volumi orientati su contenuti teorici consolidati della disciplina e quelli inerenti le tematiche affrontate con metodologie innovative. Gli obiettivi sono quelli di supportare le attività didattiche dei moduli della nuova offerta, con contenuti pari a 4 ÷ 6 crediti, per le lauree e per i master, e di dare spazio ai contenuti di ricerche applicate che possano costruire riferimento per i moduli di dottorato o master di II livello.

Quest'insieme di pubblicazioni vuole quindi fornire strumenti di studio e/o operativi per l'analisi dei sistemi di trasporto ed a tal fine è rivolto agli studenti di Ingegneria ed agli operatori del settore trasporti.

L'attività di supporto alla nuova didattica dei differenti livelli si affianca a quella di ricerca attiva presso l'Università Mediterranea di Reggio Calabria, che è documentata tra l'altro da vari volumi e dai seminari scientifici annuali, aperti al contributo di tutti gli studiosi del settore, intitolati *Metodi e Tecnologie dell'Ingegneria dei Trasporti*.

Il coordinatore del Dottorato di Ricerca in
Ingegneria dei Trasporti e della Logistica
Francesco Russo

Domenico Gattuso

**MECCANICA
DELLA LOCOMOZIONE**

Esercizi ed applicazioni

*Strumenti per l'analisi
dei sistemi di trasporto*

*Università Mediterranea
di Reggio Calabria*

Ai miei genitori

Copyright © 2008 by FrancoAngeli s.r.l., Milano, Italy.

L'opera, comprese tutte le sue parti, è tutelata dalla legge sul diritto d'autore. L'Utente nel momento in cui effettua il download dell'opera accetta tutte le condizioni della licenza d'uso dell'opera previste e comunicate sul sito www.francoangeli.it.

Indice

Introduzione	pag.	7
1. Elementi propedeutici	“	9
1.1. Azioni su un corpo e grandezze derivate	“	9
1.2. Moto di un corpo e parametri cinematici	“	12
1.3. Veicoli. Definizioni, dimensioni e prestazioni tipiche	“	12
1.3.1. Veicoli stradali	“	13
1.3.2. Veicoli ferroviari	“	20
1.3.3. Veicoli per via d'acqua	“	23
1.3.4. Veicoli aerei	“	29
2. Interazioni geometriche tra veicolo e infrastruttura	“	31
2.1. Fondamenti teorici	“	31
2.1.1. Strada	“	31
2.1.2. Ferrovia	“	37
2.1.3. Mare	“	39
2.1.4. Moto aereo	“	40
2.2. Esercizi svolti	“	43
2.2.1. Moto stradale	“	43
2.2.2. Moto ferroviario	“	51
2.2.3. Moto per vie d'acqua	“	53
2.2.4. Moto aereo	“	54
2.3. Esercizi proposti	“	55
3. Interazioni tra le forze agenti sul veicolo	“	57
3.1. Fondamenti teorici	“	57
3.1.1. Moto stradale	“	59

3.1.2. Moto ferroviario	pag.	70
3.1.3. Moto per vie d'acqua	“	84
3.1.4. Moto aereo	“	91
3.2. Esercizi svolti	“	101
3.2.1. Moto stradale	“	101
3.2.2. Moto ferroviario	“	139
3.2.3. Moto per vie d'acqua	“	157
3.2.4. Moto aereo	“	160
3.3. Esercizi proposti	“	166
4. Diagrammi del moto	“	175
4.1. Fondamenti teorici	“	175
4.2. Esercizi svolti	“	188
4.3. Esercizi proposti	“	210
Nota bibliografica	“	217
Appendici	“	219
A.1. Acronimi ricorrenti	“	219
A.2. Simbologia corrente	“	219

Introduzione

Il testo si articola in quattro capitoli. Nel primo capitolo sono proposti alcuni elementi di base concernenti le azioni su un corpo, e un insieme di grandezze derivate e parametri cinematici; in esso trovano posto anche la definizione e la classificazione dei veicoli con utili riferimenti concernenti le dimensioni e le prestazioni tipiche.

Nel secondo capitolo l'attenzione è rivolta all'interazione tra veicolo e infrastruttura.

Nel terzo e quarto capitolo sono affrontate le problematiche del moto secondo due approcci distinti, ancorché complementari:

- a) un approccio basato sull'analisi delle azioni esercitate sul veicolo (forze propulsive, resistenze, azioni e reazioni) a partire dall'equazione fondamentale della trazione;
- b) un approccio fondato su parametri di natura esclusivamente cinematica.

Eccezion fatta per il primo capitolo, a carattere propedeutico, ciascuno dei successivi comprende tre componenti tematiche, rispettivamente incentrate su:

- richiami teorici relativi alle problematiche trattate;
- esercizi svolti, con esplicitazione di formule, procedure di calcolo, commenti;
- tracce di esercizi proposti per approfondimenti ulteriori.

In appendice sono infine richiamati gli acronimi ricorrenti nel testo e i significati dei simboli adottati per esprimere le diverse grandezze.

Vorrei rivolgere un sincero ringraziamento a tre miei attenti collaboratori, senza l'apporto dei quali forse questo libro non avrebbe mai visto la luce: gli ingegneri Giandomenico Meduri e Antonella Polimeni che hanno dato un importante contributo con suggerimenti, verifiche, proposte di e-

sercizi, discussioni costruttive; l'ingegnere Giuseppe Cardinali, che ne ha curato l'editing grafico e analitico con infinita pazienza.

Vorrei ricordare anche l'apporto, costruttivo e dialettico, degli studenti dei miei corsi presso la Facoltà di Ingegneria di Reggio Calabria. Un ringraziamento infine va a Francesco Russo, i cui stimoli e suggerimenti sono stati preziosi.

1. Elementi propedeutici

In questo capitolo di apertura sono richiamate le grandezze d'uso più frequente nel testo. Altre, più specifiche, sono proposte nei capitoli successivi. Le grandezze e le relative unità di misura sono suddivise in due categorie, rispettivamente rappresentative di azioni esercitate su un corpo e del moto del corpo nello spazio.

Sono inoltre presentate le caratteristiche tipiche dei veicoli in termini di dimensioni e parametri prestazionali.

1.1. Azioni su un corpo e grandezze derivate

Un corpo è caratterizzato da una forma, da un volume (spazio occupato) e da una massa.

Il comportamento di un corpo è strettamente relazionato alle cause (forze) che agiscono su di esso.

Le forze sono grandezze vettoriali, i cui attributi specifici sono un modulo (o intensità), una direzione, un verso, un punto di applicazione. Si tratta di entità fisiche che, applicate ad un corpo, possono modificarne la posizione (spostamento) o la conformazione (deformazione, rottura). Esse si esprimono in Newton N .

Se si produce uno spostamento del corpo sotto l'azione di una forza applicata, si dice che la forza compie un lavoro; se F è una generica forza e s è lo spostamento da essa prodotto, si esprime il lavoro come:

$$W = F \cdot s$$

Il lavoro, a differenza di forza e spostamento, è una grandezza solo scalare; esso si esprime in $N \cdot m$, ovvero, trattandosi anche di una misura energetica, in joule J . In generale forza e spostamento possono avere direzioni diverse; se l'angolo tra i due vettori è α , si avrà:

$$W = F \cdot s \cdot \cos \alpha$$

Si definisce potenza il rapporto:

$$N = \frac{W}{t}$$

che si esprime in $N \cdot m/s$ o in *Watt*, ovvero J/s ; esso rappresenta per certi versi la velocità con cui si produce il lavoro.

Considerando una velocità di spostamento v , l'espressione della potenza si può tradurre anche nella forma:

$$N = F \cdot v$$

A parità di potenza, la forza e la velocità risulterebbero inversamente proporzionali.

Se si applica una forza F ad un corpo vincolato su un asse fisso O la cui direzione giace ad una distanza b_r dall'asse (braccio), il corpo ruota intorno all'asse (figura 1.1).

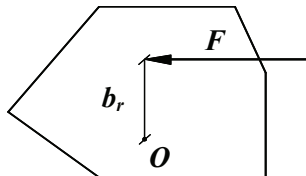


Fig. 1.1 – Generazione di un momento

Il prodotto fra la forza ed il braccio è definito “momento” (di rotazione della forza rispetto all'asse):

$$M = F \cdot b_r \quad [N \cdot m]$$

Il corpo ruota anche se è libero da vincoli e ad esso si applica una coppia (cioè un sistema di due forze parallele, di uguale intensità, ma di verso contrario e giacenti su due direzioni distanti b_r) (figura 1.2). Anche

in questo caso vale la relazione precedente.

Di fatto questo secondo caso è riconducibile al primo, laddove si consideri che nel caso di un corpo vincolato, il vincolo reagisce con una forza con stessa direzione, di uguale intensità, ma di verso contrario alla prima. Il momento si configura dunque come una spinta che induce un moto rotatorio in un corpo. Analogamente a quanto visto per le forze è possibile definire il lavoro come:

$$W = M \cdot \alpha \quad [N \cdot m]$$

con α angolo di rotazione, espresso in radianti *rad*.

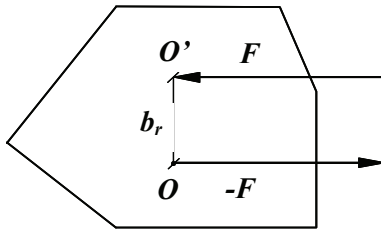


Fig. 1.2 – Coppia applicata ad un corpo

Un radiante esprime la misura di un angolo al centro (di un cerchio) corrispondente ad un arco (di circonferenza) la cui lunghezza è pari a quella del raggio:

$$360^\circ = 2\pi \Rightarrow 1^\circ \cong 0,017 [rad]$$

La potenza sarà a sua volta:

$$N = \frac{W}{t} = \frac{M \cdot \alpha}{t} \quad [W]$$

Posto:

$$\frac{\alpha}{t} = \alpha \cdot n_g = \omega \quad [rad / s]$$

con n_g e ω che esprimono rispettivamente il numero di giri per unità di tempo e la velocità angolare, si può scrivere anche:

$$N = M \cdot \omega$$

1.2. Moto di un corpo e parametri cinematici

La cinematica studia il moto dei corpi senza tener conto delle cause che lo producono.

Un corpo che si muove su una traiettoria nello spazio può essere individuato in ogni istante t dello spazio percorso lungo la traiettoria $s(t)$, ovvero attraverso coordinate spaziali, con riferimento ad una terna di assi cartesiani $[x(t), y(t), z(t)]$.

In ogni istante il moto del corpo è caratterizzato da:

- velocità, definita come derivata dello spazio rispetto al tempo

$$v(t) = \frac{ds(t)}{dt}$$

- accelerazione, definita come derivata della velocità rispetto al tempo

$$a(t) = \frac{dv(t)}{dt} = \frac{d^2s(t)}{dt^2}$$

- contraccolpo (o jerking), definito come derivata dell'accelerazione rispetto al tempo

$$j(t) = \frac{da(t)}{dt} = \frac{d^2v(t)}{dt^2} = \frac{d^3s(t)}{dt^3}$$

La velocità si esprime usualmente in m/s o in km/h ; si noti che $1 m/s = 3,6 km/h$; l'accelerazione si esprime in m/s^2 , ma è d'uso anche identificarla attraverso il tempo s necessario per passare da un valore di velocità ad un altro (in genere da 0 a $100 km/h$). Infine il contraccolpo si esprime in m/s^3 .

1.3. Veicoli. Definizioni, dimensioni e prestazioni tipiche

Esiste una grande varietà di veicoli utilizzati dall'uomo per spostarsi nello spazio o per spostare carichi; nel seguito si propongono alcune definizioni relative a quattro categorie di veicoli (stradali, ferroviari, navali e aerei) e un insieme di parametri utili per analisi tipiche di meccanica della locomozione.

1.3.1. Veicoli stradali

Pur possedendo alcune caratteristiche comuni, i veicoli stradali si presentano in una varietà di forme, dimensioni, prestazioni, estremamente ampia. Ne deriva naturale una tendenza ad una differenziazione in classi. Il Codice della Strada (CdS) italiano individua 12 categorie di veicoli: veicoli a braccia, veicoli a trazione animale, velocipedi, slitte, ciclomotori, motoveicoli, autoveicoli, filoveicoli, rimorchi, macchine agricole, macchine operatrici, veicoli con caratteristiche atipiche.

I veicoli in circolazione sulle strade sono altresì classificati nel CdS (tabella 1.1) come segue, secondo standard internazionali:

- categorie *L* (veicoli con meno di 4 ruote);
- categorie *M* (veicoli destinati al trasporto di persone con almeno 4 ruote);
- categorie *N* (veicoli destinati al trasporto merci);
- categorie *O* (rimorchi e semirimorchi).

Tab. 1.1 – Classificazione dei veicoli in categorie internazionali (CdS)

<i>Categorie</i>	<i>Ruote n.</i>	<i>Cilindrata (cc)</i>	<i>Vel. max (km/h)</i>	<i>Categorie</i>	<i>Posti(*)</i>	<i>Massa (t)</i>
L1	2	≤ 50	≤ 50	M1	≤ 8	--
L2	3	≤ 50	≤ 50	M2	> 8	≤ 5
L3	2	≤ 50	> 50	M3	> 8	> 5
L4	3 asim.	> 50	> 50	*escluso conducente		
L5	3	> 50	> 50			

<i>Categorie</i>	<i>Massa (t)</i>	<i>Categorie</i>	<i>Massa (t)</i>
N1	≤ 3,5	O1	≤ 0,75
N2	> 3,5; ≤ 12	O2	> 0,75; ≤ 3,5
N3	> 12	O3	> 3,5; ≤ 10
		O4	> 10

Secondo il CdS, gli autoveicoli sono veicoli a motore con almeno quattro ruote, esclusi i motoveicoli, e si distinguono in:

- autovetture: veicoli destinati al trasporto di persone, aventi al massimo nove posti, compreso quello del conducente;
- autobus: veicoli destinati al trasporto di persone, equipaggiati con più di nove posti compreso quello del conducente;
- autoveicoli per trasporto promiscuo: veicoli aventi una massa complessiva a pieno carico non superiore a 3,5 t o 4,5 t se a trazione elettrica o a batteria, destinati al trasporto di persone e di cose e capaci di contenere al massimo nove posti compreso quello del conducente;

- autocarri: veicoli destinati al trasporto di cose e delle persone addette all'uso o al trasporto delle cose stesse;
- trattori stradali: veicoli destinati esclusivamente al traino di rimorchi o semirimorchi;
- autoveicoli per trasporti specifici: veicoli destinati al trasporto di determinate cose o di persone in particolari condizioni, caratterizzati dall'essere muniti permanentemente di speciali attrezzature relative a tale scopo;
- autoveicoli per uso speciale: veicoli caratterizzati dall'essere muniti permanentemente di speciali attrezzature e destinati prevalentemente al trasporto proprio; su tali veicoli è consentito il trasporto del personale e dei materiali connessi col ciclo operativo delle attrezzature e di persone e cose connesse alla destinazione d'uso delle attrezzature stesse;
- autotreni: complessi di veicoli costituiti di due unità distinte, agganciate, delle quali una motrice; se vengono superate dimensioni massime predeterminate il veicolo è considerato eccezionale;
- autoarticolati: complessi di veicoli costituiti da un trattore e da un semirimorchio;
- autosnodati: autobus composti di due tronconi rigidi collegati tra loro da una sezione snodata; su questi tipi di veicoli i compartimenti viaggiatori situati in ciascuno dei due tronconi rigidi sono comunicanti; la sezione snodata permette la libera circolazione dei viaggiatori tra i tronconi rigidi; la connessione e la disgiunzione delle due parti possono essere effettuate soltanto in officina;
- autocaravan: veicoli aventi una speciale carrozzeria ed attrezzati permanentemente per essere adibiti al trasporto e all'alloggio di sette persone al massimo, compreso il conducente;
- mezzi d'opera: veicoli o complessi di veicoli dotati di particolare attrezzatura per il carico e il trasporto di materiali di impiego o di risulta dell'attività edilizia, stradale, di escavazione mineraria e materiali assimilati ovvero che completano, durante la marcia, il ciclo produttivo di specifici materiali per la costruzione edilizia.

Con riferimento alla sagoma limite, il CdS riporta quanto segue:

- I. (...) ogni veicolo compreso il suo carico deve avere:
 - a. larghezza massima non eccedente 2,50 m; nel computo di tale larghezza non sono comprese le sporgenze dovute ai retrovisori, purché mobili;
 - b. altezza massima non eccedente 4 m; per gli autobus e i filobus destinati a servizi pubblici di linea urbani e suburbani circolanti su itinerari prestabiliti è consentito che tale altezza sia di 4,30 m;

- c. lunghezza totale, compresi gli organi di traino, non eccedente 7,50 m per i veicoli ad un asse e 12 m per i veicoli isolati a due o più assi.*
- 2. Gli autoarticolati e gli autosnodati non devono eccedere la lunghezza totale, compresi gli organi di traino, di 16,50 m, sempre che siano rispettati gli altri limiti stabiliti nel regolamento; gli autosnodati e filosnodati adibiti a servizio di linea per il trasporto di persone destinati a percorrere itinerari prestabiliti possono raggiungere la lunghezza massima di 18 m; gli autotreni e filotreni non devono eccedere la lunghezza massima di 18,35 m sempre che siano rispettati gli altri limiti stabiliti nel regolamento.*
 - 3. Le caratteristiche costruttive e funzionali delle autocaravan e dei caravan sono stabilite con decreto del Ministro dei Trasporti.*
 - 4. La larghezza massima dei veicoli per trasporto di merci deperibili in regime di temperatura controllata (ATP) può raggiungere il valore di 2,60 m, escluse le sporgenze dovute ai retrovisori, purchè mobili.*
 - 5. Ai fini della inscrivibilità in curva dei veicoli e dei complessi di veicoli, il regolamento stabilisce le condizioni da soddisfare e le modalità di controllo.*
 - 6. I veicoli che per specifiche esigenze funzionali superano, da soli o compreso il loro carico, i limiti di sagoma stabiliti nei precedenti commi possono essere ammessi alla circolazione come veicoli o trasporti eccezionali se rispondenti alle apposite norme contenute nel regolamento.*
 - 7. Chiunque circola con un veicolo o con un complesso di veicoli compreso il carico che supera i limiti di sagoma stabiliti dal presente articolo salvo che lo stesso costituisca trasporto eccezionale, è soggetto a sanzione.*

Relativamente invece alla massa limite, il CdS riporta quanto segue:

- 1. La massa limite complessiva a pieno carico di un veicolo, (...), costituita dalla massa del veicolo stesso in ordine di marcia e da quella del suo carico, non può eccedere 5 t per i veicoli ad un asse, 8 t per quelli a due assi e 10 t per quelli a 3 o più assi.*
- 2. Con esclusione dei semirimorchi, per i rimorchi muniti di pneumatici tali che il carico unitario medio trasmesso all'area di impronta sulla strada non sia superiore a 8 daN/cm^2 , la massa complessiva a pieno carico non può eccedere 6 t se ad un asse, con esclusione dell'unità posteriore dell'autosnodato, 22 t se a due assi e 26 t se a tre o più assi.*
- 3. Salvo quanto diversamente previsto (...) per i veicoli a motore isolati muniti di pneumatici, tali che il carico unitario medio trasmesso*

all'area di impronta sulla strada non sia superiore a 8 daN/cm² e quando, se trattasi di veicoli a 3 o più assi, la distanza fra due assi contigui non sia inferiore ad un metro, la massa complessiva a pieno carico del veicolo isolato non può eccedere 18 t se si tratta di veicoli a 2 assi e 25 t se si tratta di veicoli a 3 o più assi; 26 t e 32 t rispettivamente se si tratta di veicoli a 3 o 4 assi quando l'asse motore è munito di pneumatici accoppiati e di sospensioni pneumatiche ovvero riconosciute equivalenti dal Ministero dei Trasporti. Qualora si tratti di autobus o filobus a 2 assi destinati a servizi pubblici di linea urbani e suburbani la massa complessiva a pieno carico non deve eccedere le 19 t.

4. *Nel rispetto delle condizioni prescritte (...), la massa complessiva di un autotreno a tre assi non può superare 24 t, quella di un autoarticolato o di un autosnodato a tre assi non può superare 30 t, quella di un autotreno, di un autoarticolato o di un autosnodato non può superare 40 t se a quattro assi e 44 t se a cinque o più assi.*
5. *Qualunque sia il tipo di veicolo, la massa gravante sull'asse più caricato non deve eccedere 12 t.*
6. *In corrispondenza di due assi contigui la somma delle masse non deve superare 12 t se la distanza assiale è inferiore a 1 m; nel caso in cui la distanza assiale sia pari, o superiore a 1 m ed inferiore a 1,3 m, il limite non può superare 16 t; nel caso in cui la distanza sia pari o superiore a 1,3 m ed inferiore a 2 m tale limite non può eccedere 20 t.*

Per ulteriori chiarimenti circa le norme dei trasporti si rimanda al CdS.

L'AISCAT (Associazione Italiana Società Concessionarie Autostrade e Trafori), classifica i veicoli sulla base di elementi fisicamente misurabili:

- la *sagoma* (cioè l'altezza del veicolo sulla perpendicolare all'asse anteriore) per i veicoli a 2 assi (classi A e B);
- il *numero degli assi* per i veicoli o convogli con più di due assi.

Nel dettaglio, i veicoli sono distinti come in figura 1.3.

Ulteriori classificazioni potrebbero essere adottate, in rapporto ad altri attributi. Ad esempio, l'ANAS, l'Ente preposto alla gestione della rete stradale nazionale, ai fini di periodici rilevamenti di traffico, assume le seguenti classi di veicoli:

- A. autovetture fino a 9 posti a sedere, anche con rimorchio o roulotte;
- B. camioncini, furgoni e motocarri con massa totale, compreso il carico autorizzato, fino a 3 t;
- C. autocarri con massa totale, compreso il carico autorizzato, superiore a 3 t e trattori stradali isolati;
- D. autocarri con rimorchio (autotreni);

VEICOLI A 2 ASSI

A (altezza al primo asse fino a 1,30 m)



B (altezza al primo asse superiore a 1,30 m)



VEICOLI A 3 ASSI



VEICOLI A 4 ASSI



VEICOLI A 5 O PIÙ ASSI

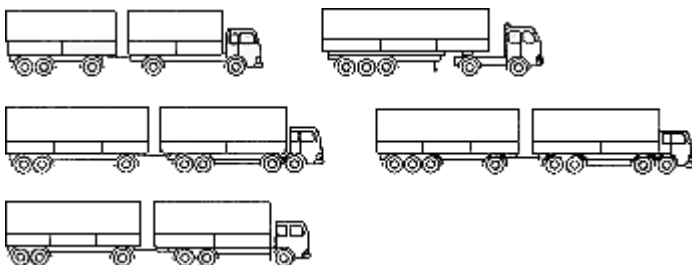


Fig. 1.3 – Classificazione AISCAT dei veicoli stradali

- E. trattori con semirimorchio (autoarticolati);
- F. autobus;
- G. veicoli speciali (sgombraneve, autogrù, autopompe, autoblince, ecc.) e/o per trasporti eccezionali.

È possibile operare ancora distinzioni ulteriori all'interno delle classi degli autobus distinguendo autobus ordinari, minibus, midibus.

Gli autobus ordinari sono mezzi medio-lunghi (con lunghezza compresa tra 9 e 12 m), utilizzati per effettuare servizi di linea a breve e a lungo raggio.

I minibus sono autobus di dimensioni limitate (con lunghezza dell'ordine di 6-7 m) particolarmente adatti alla circolazione nei centri storici o in aree a domanda debole.

I midibus, infine, sono autobus di medie dimensioni (con lunghezza contenuta entro i 9 m) destinati sia a servizi di linea (in aree in cui si registra una domanda passeggeri non molto elevata), sia ai servizi turistici dei piccoli tour operator.

Per le applicazioni proposte in questo testo, si farà riferimento agli autoveicoli, distinguendo solo quattro classi veicolari: autovettura, autobus, autocarro, autoarticolato (TIR).

Le tabelle 1.2-1.5 riportano parametri tipici di veicoli afferenti alle quattro classi veicolari in questione, parametri dimensionali quali quelli identificati in figura 1.4 (L_u = lunghezza, L_a = larghezza, H = altezza, s_a = sbalzo anteriore, s_p = sbalzo posteriore, p = passo), altri quali m_v = massa a vuoto, m_c = massa a pieno carico, w = numero di posti e parametri prestazionali (v_m = velocità di regime, a_m = accelerazione massima e N_m = potenza massima); si può notare come la gamma offerta dal mercato automobilistico sia molto diversificata.

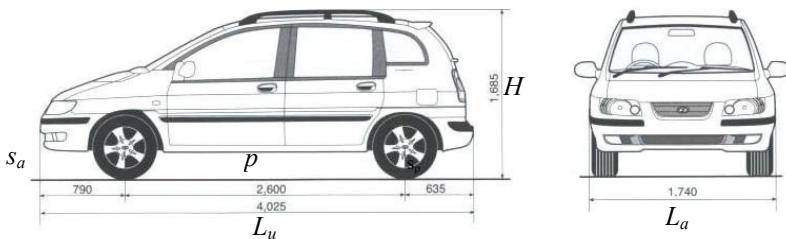


Fig. 1.4 – Variabili dimensionali tipiche di un'autovettura

Tab. 1.2 – Parametri dimensionali e prestazionali tipici di automobili

Mod.	L_u (cm)	L_a (cm)	H (cm)	p (cm)	s_a/s_b (cm)	m (kg)	w (posti)	v_m (km/h)	a_m (m/s ²)	N_m (kW)
1	362	164	138	245	54/47	898	4	167	2,0	51
2	364	166	150	237	63/49	925	5	155	2,3	48
3	392	168	146	249	69/61	1.110	5	184	2,6	74
4	403	168	149	251	87/64	1.030	5	165	2,1	57
5	405	174	163	260	81/64	1.248	5	170	2,2	76
6	433	182	160	264	28/42	1.420	5	203	2,8	107
7	443	181	131	235	94/102	1.470	2	285	5,6	239
8	447	180	164	270	84/84	1.503	5	197	2,4	103
9	452	148	143	261	92/100	1.331	5	190	2,4	82
10	463	178	145	280	90/90	1.640	5	220	3,1	125
11	478	179	178	290	80/92	1.910	5	175	2,0	85

Tab. 1.3 – Parametri dimensionali e prestazionali tipici di autobus

Mod.	L_u (cm)	L_a (cm)	H (cm)	p (cm)	s_a/s_b (cm)	m (kg)	w (posti)	v_m (km/h)	a_m (m/s ²)	N_m (kW)
1	603	245	283	345	92/166	5.400	35	125	0,7	107
2	691	226	280	330	157/204	6.500	39	125	0,7	125
3	695	200	298	395	100/200	5.400	20	100	0,7	107
4	869	235	285	370	167/117	13.000	38	92	0,9	162
5	1.064	250	320	508	252/304	10.200	106	67	0,8	150
6	1.195	250	313	590	262/343	11.150	118	68	0,9	166
7	1.198	250	324	615	255/328	10.600	116	68	0,8	154
8	1.199	250	323	613	251/334	10.600	116	67	0,8	150
9	1.199	250	314	615	256/328	10.680	116	68	0,8	154
10	1.199	250	276	605	256/338	11.300	109	70	0,9	196
11	1.199	250	276	605	256/338	12.520	89	70	0,9	177
12	1.200	250	320	613	252/335	10.600	116	67	0,8	150
13	1.200	250	291	615	275/310	11.150	116	69	0,9	161
14 ⁽¹⁾	1.796	250	325	571/660	256/308	18.290	143	64	1,0	228
15 ⁽¹⁾	1.798	250	303	533/674	266/325	17.200	166	70	1,3	250
16 ⁽¹⁾	1.798	249	320	615/700	250/233	17.000	156	70	1,3	265

(1) Il passo è misurato fra asse anteriore e asse posteriore (veicoli a tre assi)

Tab. 1.4 – Parametri dimensionali e prestazionali tipici di autocarri

Mod.	L_u (cm)	L_a (cm)	H (cm)	p (cm)	s_a/s_b (cm/cm)	m_v (kg)	m_c (kg)	v_m (km/h)	a_m (m/s ²)	N_m (kW)
1	530	220	250	300	121/109	5.010	11.500	111	0,8	110
2	578	229	263	310	126/131	3.690	11.500	118	0,8	125
3	618	247	292	369	135/113	5.400	18.000	123	0,9	202
4	782	255	373	450	141/180	7.730	18.000	134	1,5	316
5	944	255	378	570	141/221	7.760	19.500	134	1,4	294
6	980	255	359	480	141/207	8.920	24.500	124	1,4	294

Tab. 1.5 – Parametri dimensionali e prestazionali tipici di trattori per autoarticolati

Mod.	L_u (cm)	L_a (cm)	H (cm)	$p^{(1)}$ (cm)	s_a/s_b (cm/cm)	m_v (kg)	m_c (kg)	v_m (km/h)	a_m (m/s ²)	N_m (kW)
1	607	255	358	365	141/105	7.500	44.000	121	1,5	354
2	625	255	374	244/136	141/105	8.120	44.000	134	1,4	294
3	660	255	323	380	144/120	n.d.	20.000	90	1,4	259
4	684	250	301	382	149/80	9.800	56.000	109	1,5	353
5	684	255	311	320/138	144/78	9.800	56.000	109	1,5	324
6	768	255	311	320/138	144/149	9.180	33.000	105	1,3	259
7	845	255	315	187/238/138	144/122	9.680	44.000	105	1,3	259

(1) Il valore è rappresentato in funzione del numero di assi

Particolare importanza hanno i seguenti elementi:

- le dimensioni di ingombro, perché esse indicano lo spazio occupato sulla strada; la superficie esposta all'avanzamento può farsi derivare dalla *larghezza* e dall'*altezza*, mentre la *lunghezza* è la distanza tra l'estremo anteriore e l'estremo posteriore;
- il *passo*, misura della distanza tra l'asse delle ruote anteriori e l'asse delle ruote posteriori, o tra gli assali intermedi eventuali;
- la *massa* a vuoto o a pieno carico.

1.3.2. Veicoli ferroviari

I veicoli ferroviari possono essere classificati secondo diversi criteri: in relazione alla struttura (veicoli ad assi e veicoli a carrelli), alla capacità di trazione (veicoli motori e veicoli rimorchiati), al tipo di alimentazione energetica. In relazione al tipo di energia di alimentazione si hanno veicoli con motori elettrici e veicoli con motori diesel. Nei sistemi a trazione elettrica l'energia per il moto viene fornita al veicolo attraverso una linea elettrica sospesa sopra il binario; nei sistemi diesel l'energia è prodotta a bordo attraverso motori a combustione.

I veicoli ferroviari possono essere raggruppati e collegati tra loro per formare convogli la cui composizione, a differenza dei veicoli stradali, può comprendere uno o più veicoli motori ed uno o più veicoli rimorchiati.

Nella tabella 1.6 sono proposte alcune caratteristiche tecniche dei veicoli ferroviari rappresentati nelle figure 1.5-1.9, con alcuni elementi relativi alle infrastrutture e all'esercizio in linea. Alcuni parametri sono relativi alla struttura dei veicoli (dimensioni, dotazioni, motorizzazione), altri mettono in luce alcune prestazioni tipiche. È possibile distinguere, i treni in rapporto all'ambito operativo (locale, regionale, interregionale).