

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Tecnica e Gestione dei Sistemi  
Industriali

CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN INGEGNERIA  
MECCATRONICA

---

*Tesi di laurea*

PANORAMICA DEI PRINCIPALI TEST  
NELL'AMBITO AUTOMOTIVE

**Relatore:** Prof. Alessandro Sona

**Laureando:** Giuseppe De Maria  
**Matricola:** 1190210

Anno Accademico 2021/2022



# Indice

<b>Introduzione</b>	<b>1</b>
<b>1 Le componenti e la storia della sicurezza dell'automobile</b>	<b>3</b>
1.1 Le componenti dell'automobile	3
1.1.1 Interno della macchina	4
1.1.2 Parti non meccaniche della macchina	6
1.2 Storia della sicurezza dell'automobile	6
1.2.1 L'evoluzione della sicurezza dell'auto	7
<b>2 Classificazione dei test eseguiti</b>	<b>11</b>
2.1 Cos'è un Test Automotive?	11
2.2 Importanza dei test automobilistici	12
2.3 Normative	12
2.4 Test eseguiti	14
2.4.1 Test meccanici ed elettronici	14
2.4.2 Test chimici	15
2.4.3 Collaudo veicoli e veicoli elettrici	16
2.5 Test dei veicoli su banco, pista e strada	17
2.5.1 Test al banco dinamometrico	18
2.5.2 Test sul circuito di prova	18
2.5.3 Test su strada	19
<b>3 Valutazione della sicurezza dei veicoli: il crash test</b>	<b>21</b>
3.1 Introduzione	21
3.1.1 Origine del Crash Test	21
3.2 Automotive safety	22
3.2.1 Sicurezza attiva e passiva	22
3.3 La valutazione della sicurezza dei veicoli: il protocollo Euro NCAP	24
3.3.1 La storia di Euro NCAP	25
3.3.2 Criteri generali dei test Euro NCAP	26
3.3.3 I test Euro NCAP	26
3.3.4 Protezione degli occupanti adulti	27
3.3.5 Protezione degli occupanti bambini	29

---

3.3.6	Protezione pedone . . . . .	29
3.3.7	Sistemi di assistenza . . . . .	30
3.3.8	Sistema Dual rating . . . . .	32
3.3.9	Presente e futuro del protocollo . . . . .	32
3.4	Tipi di Crash test . . . . .	33
3.4.1	Raccolta dati e Attribuzione dei punteggi . . . . .	34
<b>4</b>	<b>Approfondimenti: Test del cambio e della frizione</b>	<b>37</b>
4.1	Analisi del cambio . . . . .	37
4.1.1	GSA "gear shift analysis" . . . . .	37
4.2	Clutch Analysis (CA) : Analisi della frizione . . . . .	41
4.2.1	I componenti del sistema CA per l'analisi della frizione . .	41
	<b>Conclusioni</b>	<b>43</b>
	<b>Bibliografia</b>	<b>45</b>
	<b>Elenco delle tabelle</b>	<b>47</b>
	<b>Elenco delle figure</b>	<b>48</b>

# Introduzione

Dai primi anni del '900 ad oggi l'utilizzo dell'automobile è aumentato nettamente. Questo ha reso l'auto una parte sempre più fondamentale nella vita di ognuno di noi. Negli anni l'automobile ha subito uno sviluppo tecnologico importante, le prime autovetture erano alquanto pericolose da usare dato che non presentavano alcun sistema di sicurezza e non venivano testate per controllare la qualità, il funzionamento e l'efficienza dei loro componenti. Ad oggi l'automobile è ancora in continua evoluzione, l'avanzamento tecnologico ha permesso di introdurre negli anni novità nelle vetture sotto ogni punto di vista, partendo dall'interno della macchina, ossia dal telaio, sviluppando e migliorando tutte le componenti che compongono la vettura, come ad esempio il motore, le parti meccaniche, i sistemi elettronici, i sistemi di sicurezza, ecc..

Le migliori caratteristiche che esse presentano rispetto alle automobili più datate e le maggiori potenzialità che esse offrono hanno reso questo mezzo sempre più affidabile. E' importante sottolineare che alla base dello sviluppo di tutte le tecnologie associate all'automobile si trovano i cosiddetti test automotive, ossia i test che sono essenziali per il controllo di ogni componente della vettura. Esiste un'enorme quantitativo di test che vengono eseguiti, volti a regolare gli standard di produzione dei componenti e gli standard di sicurezza che devono essere garantiti su ogni vettura. La loro applicazione è dovuta alla presenza di varie normative che devono essere rispettate per poter utilizzare l'automobile.

L'obiettivo di questo elaborato è di fornire una panoramica completa dei principali test nell'ambito automotive. Seguirà inoltre una visione d'insieme di quelli che sono i test che vengono condotti nelle vetture sia in fase di produzione, sia post-produzione, ovvero i test di collaudo eseguiti prima di poter commercializzare la macchina. Si cercherà di dare una spiegazione chiara che fornisca le informazioni necessarie a comprendere l'importanza dei test, le varie tipologie di test eseguiti e, per alcuni di questi, si andranno ad approfondire alcuni aspetti importanti.

All'interno del Capitolo 1 : **"Le componenti e la storia della sicurezza dell'automobile"**, verrà fatta un'introduzione di quelle che sono le componenti che fanno parte dell'automobile, analizzando brevemente le più importanti. Verrà poi trattata la storia e l'evoluzione della sicurezza dell'automobile, per dare delle basi per la trattazione del successivo capitolo 3 dove parleremo di

Automotive Safety e test annessi.

Nel Capitolo 2 : "**Classificazione dei test eseguiti**", verranno introdotti in generale i Test Automotive analizzando cosa sono e la loro importanza. Si farà in seguito una panoramica generale dei vari test che vengono eseguiti suddividendoli in delle macrocategorie.

Nel Capitolo 3 : "**Valutazione della sicurezza dei veicoli: il crash test**", verrà trattato quello che è il test più importante in fase di sviluppo e collaudo dell'automobile, ossia il crash test. Si andrà a parlare di sicurezza dell'automobile ossia di Automotive Safety, vedendo nel dettaglio quella che è la cosiddetta sicurezza attiva e passiva. In seguito si parlerà del protocollo Euro NCAP, ovvero il protocollo che regola i test eseguiti per valutare la sicurezza.

Infine, nel Capitolo 4 : "**Approfondimenti: Test del cambio e della frizione**", seguirà un approfondimento su due tipologie particolari di test che sono il test del cambio e il test della frizione, analizzando nel dettaglio come vengono condotti.

# Capitolo 1

## Le componenti e la storia della sicurezza dell'automobile

### 1.1 Le componenti dell'automobile

Quando si parla di un'automobile ci si chiede quante e quali siano le parti di cui essa è composta. Si ha un'elevato numero di componenti che creano l'auto, alcuni visibili, altri invece no. Ad esempio si trovano il volante, i sedili e le portiere, che sono facilmente visibili in un'automobile, ma ci sono anche altri elementi che potrebbero essere difficili da notare. Un'auto è infatti composta da molte parti diverse.



**Figura 1.1.** Auto disassemblata [1]

### 1.1.1 Interno della macchina

L'analisi parte dall'interno, ossia dalle fondamenta della macchina. La parte principale di un'auto, quella che tiene insieme tutti gli altri pezzi, è il telaio. La produzione di un buon telaio assorbe gran parte del budget per la creazione dell'intera vettura. Senza una buona base non è possibile realizzare un buon prodotto ed è per questo che nell'elenco delle parti della nostra auto, che non si vedono ma che sono di grande importanza, si trova il telaio. Viene fabbricato con diversi tipi di materiali, dagli acciai ad alta resistenza fino all'alluminio temperato o persino in fibra di carbonio. Tutti i produttori cercano di raggiungere il massimo equilibrio nella distribuzione dei pesi e per questo motivo combinano materiali diversi per rendere la struttura solida e leggera. Il resto dei componenti e delle parti dell'auto sono fissati al telaio, dal motore alla carrozzeria, al cambio e alle sospensioni. Per questo motivo il telaio è fondamentale [1].

### Il motore ed organi meccanici connessi

Il "cuore" di un'automobile si trova sotto il cofano ed è il motore, senza di esso la vettura non si muoverebbe. Motore e telaio sono le parti più costose dell'auto e quelle la cui fabbricazione richiede più tempo. Ci sono molti tipi diversi di motore, con diversi tipi di cilindrata e diversi elementi collegati. Citandone alcuni si trova il sistema di raffreddamento, il turbo compressore, l'impianto di alimentazione, la batteria, il tubo di scarico, i filtri ecc.. Questi elementi sono tutti inclusi nel motore in quanto sono componenti ausiliarie ad esso: senza di loro infatti il motore non funzionerebbe. L'albero motore è l'elemento fondamentale del propulsore. Assieme alle bielle, trasforma il moto rettilineo alternato dei pistoni in moto rotatorio, consentendo così di trasmettere la potenza al cambio e quindi al differenziale e alle ruote, ma anche alla distribuzione e agli organi ausiliari (pompa acqua, alternatore, compressore del condizionatore, ecc..) [2]. È costituito da un semilavorato di ghisa o di acciaio fuso oppure stampato e poi lavorato con macchine utensili per ricavare le superfici dei perni di banco e di biella, ovvero le sezioni circolari su cui strisciano i cuscinetti omologhi. La forma è caratteristica perché i perni di biella sono disassati rispetto a quelli di banco. Tanto che l'albero motore è chiamato anche "a gomiti" o "a collo d'oca". L'angolo che l'asse dei perni di biella forma con quello dei perni di banco è determinato dal tipo di motore, per garantire la regolare successione delle fasi dei singoli cilindri. Per esempio, nel quattro cilindri in linea l'angolo è 180 gradi, in un sei è 120. Nel primo caso si dice che l'albero è "piatto", perché i perni di banco e di biella sono su uno stesso piano. Le manovelle, che sono le parti che collegano i perni di banco a quelli di biella, sono dotate di contrappesi che servono a equilibrare l'albero motore. La forza del motore è distribuita alle ruote attraverso la leva del cambio: il cambio, automatico o manuale, è quindi essenziale per trasferire la potenza generata dal motore.

Grazie alla frizione viene collegato o scollegato il cambio, questo può essere col-



legato alle ruote anteriori o posteriori in base al tipo di trazione, oppure a tutte quattro le ruote nel caso di trazione integrale. I motori a combustione interna non possono erogare potenza partendo da fermi, ma devono girare al minimo per vincere le resistenze interne, inoltre, per adeguare la coppia fornita a quella richiesta per l'avanzamento alle diverse andature e pendenze è necessario adottare un cambio di velocità. Per questi motivi, serve un dispositivo che consenta di separare il motore dalla trasmissione e ne permetta l'innesto in maniera facile e graduale, per non compromettere il confort di marcia. Tale congegno è la frizione.

### La frizione e Il differenziale

La frizione è costituita da un disco calettato sull'albero primario del cambio e guarnito di materiale d'attrito su entrambe le facce, da un piatto (detto spingidisco) avvitato al volano del motore che tramite una molla speciale a lamelle preme il disco tra se stesso e il volano e da un cuscinetto (reggispinta) azionato dal pedale della frizione che traslando su un manicotto coassiale all'albero primario del cambio agisce sulla molla facendo arretrare il piatto spingidisco liberando così il disco che non viene più trascinato dal motore [2]. Le capacità motorie dell'auto derivano dagli assi su cui sono installati i differenziali. In curva, le ruote esterne seguono una traiettoria più lunga di quelle interne e, quindi, compiono più giri di quelle interne. Se le ruote motrici fossero azionate a pari velocità, collegandole rigidamente tra loro, si verificherebbero quindi strisciamenti dei pneumatici e rumorosità, inoltre il comportamento in curva sarebbe compromesso. Il differenziale è il meccanismo che consente di risolvere questo problema. Esso infatti trasmette la coppia motrice alle ruote consentendo nel contempo la loro diversa rotazione. È composto dalla scatola, a cui è avvitata la corona che è mossa dal pignone (azionato dal cambio direttamente o tramite l'albero di trasmissione). All'interno della scatola è infilato un alberino alle cui estremità sono montate due ruote dentate coniche, libere di ruotare, dette satelliti. Esse s'impegnano con i planetari, solidali ai semiassi che trascinano le ruote. Nella marcia in rettilineo le ruote compiono il medesimo numero di giri e lo stesso fanno i planetari: in tal caso i satelliti non ruotano e la coppia viene trasmessa in parti uguali alle ruote. Quando la vettura è in curva, invece, i satelliti ruotano attorno al proprio asse, permettendo che la velocità della ruota esterna aumenti e diminuisca quella interna come è richiesto dalla differente lunghezza degli archi da percorrere. Il principio di funzionamento del differenziale fa sì che nel caso una ruota slitti per mancanza di aderenza (per esempio perché è sulla neve o perché si alleggerisce per via del trasferimento del carico in curva) l'altra rallenti o si fermi, pregiudicando così la trazione del veicolo. Per questo motivo si adottano differenziali con sistemi di bloccaggio, automatico o manuale, che consentono di mantenere una certa motricità anche in condizioni di bassa aderenza. I pneumatici sono l'ultima parte della nostra auto a ricevere l'energia dal motore. Collegati ai pneumatici si trovano poi le sospensioni e i freni: tutto funziona in armonia e in modo

sincronizzato per garantire il miglior comportamento della vettura e la massima sicurezza.

### 1.1.2 Parti non meccaniche della macchina

Si analizzano ora le parti dell'auto che sono visibili. Dall'esterno all'interno, partendo con la carrozzeria. Come nel telaio, vengono utilizzati diversi tipi di materiali ad alta resistenza che cercano di ridurre il peso della vettura. Paraurti, cofano, portiere e pannelli compongono la carrozzeria, che isola gli occupanti dall'esterno [2].

Una parte importante dell'auto sono i fari. Nella parte frontale dell'auto i fari sono composti da luci di posizione (o luci diurne), anabbaglianti e abbaglianti. Si possono inoltre avere i fari fendinebbia. Nel retro si dispone di luci di posizione, di stop e retronebbia. All'interno della nostra auto si trovano poi parti che si è abituati a vedere e toccare, come il volante, i sedili, il cruscotto, la radio, i finestrini o il bagagliaio. Ce ne sono anche altre che non sono visibili per intero ma che vengono utilizzate ogni giorno tramite appositi comandi, come il sistema audio o il sistema di aria condizionata.

## 1.2 Storia della sicurezza dell'automobile

L'avvento dell'automobile segnò una svolta rivoluzionaria.

L'aumento della mobilità personale creò nuove opportunità economiche, sociali e ricreative. Ma i benefici della mobilità furono accompagnati da nuovi e drammatici rischi. Le automobili mettevano la velocità e la potenza nelle mani delle persone. All'inizio del ventesimo secolo, un elevato tasso di morti per incidenti stradali causò tanta preoccupazione. Un dialogo aperto tra medici, sostenitori della sicurezza, ingegneri, giornalisti ed altri, rivelò opinioni divergenti sulle cause degli incidenti. Tra queste cause emersero il comportamento del conducente, il design dell'automobile, la struttura stradale e i pericoli dovuti al traffico. Gli sforzi per mantenere i benefici della mobilità personale, riducendo al minimo le sue conseguenze, furono concentrati su problemi specifici come il controllo del comportamento del conducente, la riprogettazione delle automobili ed il miglioramento dell'ambiente di guida. Ci sono voluti decenni per comprendere, stabilire le priorità e ridurre al minimo questi fattori di rischio [3].

Negli anni '10, l'eccesso di velocità, la guida spericolata e le collisioni erano i nuovi problemi che richiedevano delle soluzioni. I primi rimedi comprendevano una risposta sociale incentrata sul controllo e sul miglioramento del comportamento del conducente, questo attraverso leggi, multe e segnali. Si notò presto l'importanza di ridisegnare le automobili per rendere la guida più sicura.

All'inizio, l'automobile era percepita come un dispositivo che rispondeva semplicemente ai comandi di un guidatore e che non poteva causare un incidente. Ma alla fine degli anni '20, le case automobilistiche si resero conto che i design

meccanici e della carrozzeria contribuivano a incidenti, lesioni e decessi.

Molte case automobilistiche iniziarono ad installare i freni sulle quattro ruote invece dei soli freni posteriori.

Alcuni introdussero i parabrezza infrangibili in modo che il vetro non si rompesse in pezzi taglienti in caso di collisione. Una soluzione efficace al problema dei parabrezza in frantumi fu creare un 'sandwich' di vetro e cellulose che teneva insieme i frammenti di vetro al momento dell'impatto.

Negli anni '30, questa attenzione alla sicurezza ebbe maggiore evoluzione, le case automobilistiche promossero nuovi miglioramenti della sicurezza come telai interamente in acciaio e freni idraulici. I produttori di automobili ora assicuravano agli automobilisti che le auto moderne erano più sicure.

Le cinture di sicurezza, i piantoni dello sterzo ad assorbimento di energia e i cruscotti imbottiti non erano ancora installati nelle vetture, anche se tutti questi dispositivi erano stati già inventati in quel periodo.

Negli anni '50, venne introdotto il crash test. Mediante studi furono individuate le cause e gli effetti dell'impatto corporeo all'interno di un'auto durante una collisione. Questi studi convinsero molte persone che erano necessari per guidatore e passeggeri le cinture di sicurezza e il cruscotto imbottito. All'inizio degli anni '70, cinture di sicurezza, cruscotti imbottiti ed altri sistemi di sicurezza furono resi obbligatori. Inizialmente la maggior parte degli automobilisti non indossava le cinture di sicurezza, ma negli anni '90 le campagne di sicurezza sottolinearono l'importanza di allacciarsi le cinture e per legge furono rese obbligatorie. Verso la fine degli anni '90 furono resi obbligatori anche gli airbag. Il cambiamento tecnologico rese l'automobile stessa la prima linea di difesa in caso di incidente.

### 1.2.1 L'evoluzione della sicurezza dell'auto

Viaggiare in auto ora è più facile e sicuro che mai. Dalla primissima automobile fino alle auto a guida autonoma, la tecnologia si è evoluta rendendo molto meno probabile il rischio di incidenti. Anche se un incidente può ancora verificarsi, il rischio che esso sia grave è di gran lunga inferiore rispetto al passato, grazie all'introduzione di diverse caratteristiche di sicurezza nel corso degli anni [4].

#### anni 1900-1940

I primi veicoli a motore erano pesanti, solidi e difficili da controllare, causando incidenti molto frequentemente. Per questo motivo, i primi quarant'anni del XX secolo hanno prodotto alcune misure di sicurezza che hanno ridotto le possibilità di incidenti.

- 1903: Vengono sviluppate e brevettate le spazzole dei tergicristalli che potevano essere azionate mediante una semplice leva all'interno dell'auto.
- 1911: Gli specchietti retrovisori furono usati per la prima volta.

- 1914: Furono inventati i primi indicatori di direzione. Situati sul retro del paraurti, potevano essere azionati tramite pulsanti elettrici.
- 1921: Viene inventato il poggiatesta per ridurre i danni causati dal colpo di frusta in caso di tamponamento. Vengono inoltre usati i freni idraulici per la prima volta anche nelle vetture stradali.
- 1927: Nei parabrezza viene utilizzato il vetro laminato, o vetro di sicurezza, per evitare che si frantumasse in caso di impatto.
- 1934: La General Motors esegue il primo crash test.
- 1947: Vengono montati i primi cruscotti imbottiti sulle auto, miravano a ridurre i danni al viso e al torace in caso di impatto frontale.
- 1949: Viene creato il primo manichino per crash test.

### **anni '50**

Gli anni '50 portarono enormi sviluppi nella tecnologia della sicurezza automobilistica con l'introduzione di diversi componenti ancora in uso oggi, come l'airbag e la cintura di sicurezza a tre punti.

- 1951: Viene introdotto l'airbag, che poteva essere rilasciato dal guidatore o in caso di impatto frontale dell'auto.
- 1952: Si introduce il concetto di "zona di deformazione", ovvero la possibilità che l'auto si deformasse per assorbire la forza dell'impatto in caso di incidente.
- 1953: Vengono introdotti i freni a disco, che erano molto più affidabili.
- 1959: Viene introdotta una delle funzioni di sicurezza per auto più efficaci mai create, ossia la cintura di sicurezza a tre punti.

### **anni '60**

Gli anni '60 videro un "boom" delle regole di sicurezza nelle auto, furono rese obbligatorie nelle auto le cinture di sicurezza e i poggiatesta.

- 1963: Venne introdotta la cintura di sicurezza con avvolgitore inerziale che consentiva alla cintura di sicurezza di adattarsi alle preferenze del passeggero. Vengono anche introdotti anche i tergiluoghi intermittenti.
- 1966: Diventano obbligatori cruscotti imbottiti, le cinture di sicurezza anteriori e posteriori e luci di retromarcia bianche.
- 1968: Furono introdotte le luci di posizione laterali e dei nuovi poggiatesta nei sedili anteriori per proteggere la testa e il collo in caso di tamponamento.

**anni '70 e '80**

Negli anni '70 e '80 furono approvate ulteriori leggi riguardanti la sicurezza, l'elettronica veniva ora introdotta nella tecnologia per la sicurezza delle auto.

- 1970: Le cinture di sicurezza vengono rese obbligatorie in Australia, primo Paese al mondo a farlo.
- 1974: La General Motors fornisce airbag opzionali per i sedili del conducente e del passeggero.
- 1978: Viene introdotto il primo sistema di frenata antibloccaggio elettronico.
- 1981: Nasce l'airbag SRS (sistema di ritenuta supplementare) per il sedile del conducente.
- 1983: Indossare le cinture di sicurezza anteriori diventa obbligatorio nel Regno Unito.
- 1987: Viene introdotto il controllo di trazione, progettato per mantenere la trazione durante l'accelerazione.

**anni '90**

Gli anni '90 hanno visto una crescente quantità di sistemi elettronici installati nelle nostre auto.

- 1991: Volvo introduce il suo sistema di protezione dagli impatti laterali, progettato per distribuire la forza dell'impatto sull'intero lato dell'auto piuttosto che su una sola sezione.
- 1993: Vengono eseguiti nuovi crash test, i risultati venivano utilizzati per fornire un sistema di valutazione della sicurezza dei passeggeri dei veicoli in caso di gravi collisioni frontali e laterali.
- 1994: Vengono introdotti gli airbag per gli impatti laterali.
- 1995: Viene introdotto il controllo elettronico della stabilità (ESC), che contribuisce a migliorare la stabilità del veicolo.
- 1996: Si introduce il nuovo Brake Assist System (BAS) ovvero la frenata assistita.
- 1997: Viene costituito il Programma europeo di valutazione delle nuove auto (Euro NCAP), che esegue crash test e pubblica rapporti di sicurezza.

**anni 2000**

Il nuovo millennio porta la prima auto a cinque stelle di sicurezza in Europa, oltre a nuove misure di protezione per i pedoni, nonché il continuo sviluppo della tecnologia informatica nelle vetture.

- 2000: Venne sviluppato il Lane Departure Warning System per i camion in Europa, che utilizzava avvisi visivi, acustici e a vibrazione per avvisare il conducente in caso di abbandono della propria corsia.
- 2001: Iniziano ad esserci le prime vetture a cinque stelle di Euro NCAP per le loro caratteristiche di sicurezza.
- 2004: Si introduce il sistema di monitoraggio dell'angolo cieco (BLIS) che utilizza telecamere e sensori di movimento per evitare collisioni accidentali quando il conducente parcheggia o cambia corsia.
- 2005: Viene sviluppato il cofano a scomparsa, progettato per ridurre il rischio di lesioni ai pedoni.
- 2008: Venne introdotta la frenata di emergenza autonoma, l'auto frena automaticamente per aiutare i conducenti a prevenire le collisioni quando i sensori rilevano un veicolo in immediata prossimità.
- 2009: Viene introdotto un sistema antislittamento intelligente chiamato Snowmotion, che offre un migliore controllo del veicolo in condizioni di neve o ghiaccio.
- 2010: Si sviluppa il sistema di rilevamento dei pedoni, che fa frenare automaticamente le auto quando rilevano un pedone in immediata vicinanza, utilizzando la tecnologia della telecamera e del radar per tenere d'occhio altri veicoli e pedoni.

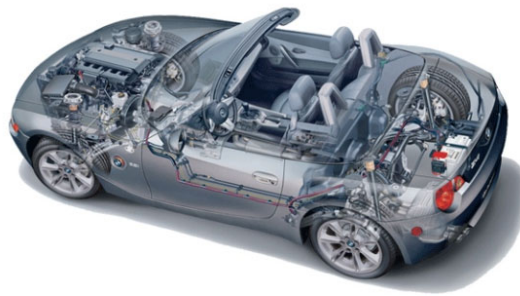
Dal 2010 in poi ci sono stati ulteriori sviluppi tecnologici significativi e tutt'ora le auto sono in continua evoluzione. Ci si potrebbe chiedere come sarà l'auto del futuro ed una possibile risposta potrebbe essere che sarà un mezzo green, più smart e più funzionale, con motori ad alta efficienza, materiali più leggeri e con sistemi di guida autonoma sempre più avanzati e affidabili.

## Capitolo 2

# Classificazione dei test eseguiti

### 2.1 Cos'è un Test Automotive?

I test automobilistici sottopongono i veicoli e tutti i loro componenti ad una serie di valutazioni, che possono essere fatte a livello di laboratorio, virtualmente o nel "mondo reale" per garantire che il veicolo sia sicuro, affidabile e conforme alle norme di sicurezza. I test automobilistici sono un requisito necessario per poter accedere ai mercati globali dell'auto e i produttori devono dimostrare di aver sottoposto i propri prodotti ad una rigorosa ed attenta valutazione. I test coprono una vasta gamma di funzioni del veicolo, ad esempio viene fatta l'analisi di tutti i singoli componenti, le simulazioni di crash test, i test sull'elettronica di bordo e tante altre verifiche [5].



**Figura 2.1.** Auto in trasparenza [6]

## 2.2 Importanza dei test automobilistici

L'industria automobilistica sta affrontando sfide diverse oggi rispetto a pochi anni fa. Le automobili ad oggi presentano un livello di tecnologia molto sofisticato ed in continuo sviluppo. Le vetture devono essere testate non solo per essere conformi agli standard internazionali, ma anche per garantire la sicurezza dei loro utenti. Man mano che ci si muove verso il futuro, la mobilità sicura e sostenibile diventerà sempre più importante. Per ogni parte e componente del prodotto finale, ossia dell'automobile acquistabile, i produttori si impegnano per garantire la sicurezza dei consumatori, la protezione del valore, le prestazioni a lungo termine, l'impatto ambientale e molte altre peculiarità [5].

Il collaudo automobilistico offre una serie di vantaggi, tra cui:

- Conformità normativa: l'accesso al mercato globale richiede il collaudo dei componenti automobilistici e la conformità secondo le normative globali pertinenti per garantire la sicurezza globale.
- Individuazione dei guasti: il collaudo dei componenti automobilistici aiuta a scoprire i guasti nella fase di sviluppo, evitando costosi richiami di prodotti e facendovi risparmiare denaro.
- Sviluppo di tecnologie sicure: lo sviluppo di nuove tecnologie di mobilità automatizzata rende importante garantire la sicurezza fin dalle prime fasi di sviluppo per diventare realtà.
- Garanzia di sicurezza del prodotto: le soluzioni di test per i vari tipi di componenti e sistemi del veicolo sottopongono il prodotto a una rigorosa valutazione per garantire la massima sicurezza per i clienti.

## 2.3 Normative

L'industria automobilistica è soggetta ad una serie di normative e standard che regolano la sicurezza, la qualità e le prestazioni dei suoi prodotti. Il settore automobilistico è un settore altamente competitivo, in costante crescita e sviluppo. Per questo motivo, i produttori e i fornitori devono sempre rispettare gli standard di sicurezza e di qualità. Le organizzazioni di collaudo e ispezione devono inoltre disporre di conoscenze ed esperienze dettagliate in materia di sicurezza automobilistica [6]. In generale, i seguenti due standard sono utilizzati in questi studi:

- TSE ISO / TS 16949 Sistemi di gestione della qualità : Requisiti speciali per l'implementazione di ISO 9001: 2008 per la produzione automobilistica e relativi produttori di parti di ricambio.
- ISO 26262 Norme di sicurezza per i veicoli : Situazione generale e principi generali.



Questi due standard ottimizzano la qualità e la sicurezza nell'industria automobilistica. Durante l'esecuzione dei vari test specifici per ogni componente o parte della vettura, vengono prese in considerazione le normative vigenti e le norme pertinenti pubblicate da molte organizzazioni sia nazionali che straniere. Va sottolineato che le proprietà meccaniche dei veicoli sono testate da un lato secondo le norme internazionali pertinenti e, dall'altro, secondo i metodi di prova specifici dei produttori.

#### **Standard e norme da rispettare**

Per condurre i vari test elettrici, chimici e meccanici sulle automobili, sui componenti delle vetture e su tutti sistemi correlati occorre rispettare degli standard e delle norme precise. Si citano alcune delle più richieste a scopo illustrativo [7]:

- ISO 17025, è la principale norma ISO utilizzata dai laboratori di terze parti
- ASTM B117
- GMW 3172
- GMW 16390
- IEC 60529
- ISO 16750-4
- ISO 26262
- USCAR-1

## 2.4 Test eseguiti

Le aziende specializzate ed i laboratori si impegnano per offrire servizi professionali di certificazione e collaudo automobilistico di cui i produttori e gli OEM (Original equipment manufacturer) hanno bisogno per garantire i loro prodotti. Le automobili oggi devono essere sicure e resistenti. In fase di produzione e post-produzione di un'automobile i costruttori devono verificare tutte le caratteristiche e peculiarità della vettura, ad esempio devono verificare se il telaio è costruito per difendersi dall'erosione da pioggia oppure se il veicolo o un determinato componente resisterà ad anni di usura. I test automotive servono per verificare tutte le caratteristiche necessarie. Le aziende specializzate in questi test aiutano a testare ogni componente e le funzionalità dell'auto. I test automobilistici comprendono i test sui materiali, i test chimici, i test sulle prestazioni, i test della sicurezza, i test meccanici ed elettronici e molti altri. Tutti questi test sono volti a certificare ogni componente dell'auto [7].

### 2.4.1 Test meccanici ed elettronici

#### Motore e ingranaggi

I test sui motori, trasmissioni, cambio e sui vari ingranaggi connessi a questi, aiutano a sviluppare prodotti ottimali, sicuri ed affidabili.

- Test di resistenza e durata del motore
- Test emissioni del motore
- Misurazioni del rumore (dB)
- Test sugli ingranaggi
- Test interni del motore (carburante, lubrificanti, olio)

#### Componenti elettrici ed elettronici

Test su tutti i sistemi e componenti elettronici dell'auto per certificare che siano conformi agli standard normativi nazionali e internazionali.

- Test di compatibilità elettromagnetica automobilistica (EMC)
- Prove elettriche automobilistiche
- Prova della batteria
- Test BSR (Buzz, Squeak and Rattle) per valutare ronzio, cigolio e crepitio del prodotto
- Test sull'impatto ambientale

- Controllo guasti (FMVT Failure Mode Verification Testing)
- Misurazioni del rumore (dB)
- Test di durata/ciclo di vita
- Simulazione di funzionamento ad elevata altitudine
- Test dei fari e delle luci
- Test della connettività e del sistema infotainment
- Test e analisi delle vibrazioni

### **Test della tecnologia e del sistema**

Poiché la complessità della tecnologia dei veicoli è in costante aumento, è necessaria un'ispezione completa del sistema per garantire che il prodotto funzioni in tutte le situazioni di guida.

- Raccolta e analisi dei dati sulle prestazioni
- Test quadro strumenti auto
- Test sistemi infotainment
- Test per la garanzia di qualità totale ai veicoli

#### **2.4.2 Test chimici**

##### **Test sui fluidi automobilistici**

Test sui fluidi, carburante e olio, nelle auto.

- Test sui lubrificanti e sul sistema di carburazione
- Prova dei combustibili e olio motore

##### **Test sui Materiali e componenti - Compositi, plastiche e metalli**

Test di materiali per autoveicoli, materie plastiche, dei compositi e dei metalli.

- Test di invecchiamento dei materiali
- Test e analisi chimiche
- Test dei polimeri e plastiche
- Test non distruttivi (NDT Non-Destructive Testing)
- Controllo di qualità
- Test di esposizione ambientale (-45 ° C a 177 ° C)

### Test ambientali

La gamma di test ambientali sulle automobili simula le condizioni ambientali alla quale le auto possono essere sottoposte. Tramite processi accelerati si offre la garanzia che le auto siano pronte a resistere a qualsiasi sfida ambientale che possa presentarsi, pioggia o sole, temperature gelide e agenti corrosivi.

- Test shock termico
- Test resistenza alle polveri, nebbia , raggi UV, agenti corrosivi (sale)

### Test delle emissioni e test VOC

Test sulle emissioni del motore e sui gas di scarico. Test di composti organici volatili per autoveicoli (COV).

- Test emissioni e gas di scarico, visibile in figura.
- Automotive Volatile Organic Compound (VOC) testing

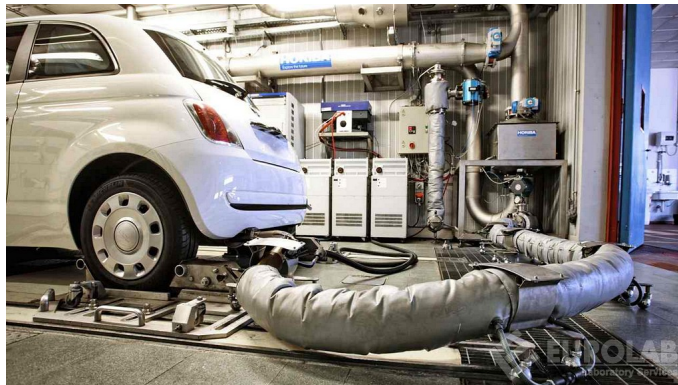


Figura 2.2. Test emissioni e gas di scarico [8]

### 2.4.3 Collaudo veicoli e veicoli elettrici

#### Veicoli a guida autonoma

Test per garantire la funzionalità dei veicoli a guida autonoma.

- Test e certificazione dedicati alle comunicazioni a corto raggio (DSRC)
- Test dei sistemi avanzati di assistenza alla guida (ADAS)
- Test su pista e su strada
- Test di sicurezza funzionale
- Servizi completi di omologazione del veicolo
- UL 4600: Standard per la sicurezza dei veicoli a guida autonoma

**Test sui veicoli elettrici**

Test e certificazione dei veicoli elettrici e dei relativi sistemi di ricarica.

- Test delle batterie (funzionamento e sicurezza)
- Test dei componenti per veicoli elettrici
- Test sul sistema di ricarica
- Test impatto ambientale

**Collaudo dei veicoli**

I test dei veicoli su circuito chiuso (pista) e su strada forniscono una garanzia di qualità totale del veicolo.

- Test di veicoli e componenti su strada o su pista chiusa
- Omologazione automobili

**2.5 Test dei veicoli su banco, pista e strada**

Nel campo del collaudo dei veicoli si sono sviluppati test e prove per i veicoli completi, questi test vengono eseguiti sui banchi prova e sulle piste di prova. I test sui veicoli comprendono le misurazioni del rumore, misurazioni delle vibrazioni, determinazione del consumo di carburante, test di resistenza per determinare la durata dei componenti e varie indagini sulla dinamica di guida. Tramite il banco prova a rulli e le piste di prova è possibile testare l'intero veicolo. Le prove su banco consentono anche di testare singole unità scollegate dal veicolo [9].

**Test del veicolo**

- Test per veicoli completi
- Misurazioni del rumore, misurazioni delle vibrazioni, determinazione del consumo di carburante, prove di resistenza per determinare la durata e prove di dinamica del veicolo
- Collaudo del veicolo completo al banco prova a rulli e pista di misura
- Equipaggiamento del veicolo con la tecnologia di misurazione per raccolta e valutazione dei dati

### 2.5.1 Test al banco dinamometrico

Il banco prova dinamometrico (banco prova a rulli) viene usato per il collaudo dei veicoli. Attraverso la simulazione dinamica della massa, si è in grado di creare condizioni di guida reali in modo rapido e preciso durante le prove del veicolo sul banco. Tramite i banchi prova ad asse monorullo è possibile la misurazione del consumo di carburante, il controllo dei gas di scarico e la conduzione di ulteriori prove funzionali. Grazie alla potenza installata di 300 kW, sia le autovetture che i veicoli commerciali leggeri possono essere azionati con una forza di trazione continua di 8000 N e, per brevi periodi, fino a 12000 N. È possibile simulare pesi dei veicoli nell'intervallo da 500 a 3500 kg. La velocità massima raggiungibile dal veicolo durante il test del veicolo è di 250 km/h. Le dimensioni nette dello spazio di prova sono 24x14x6,5 m.

### 2.5.2 Test sul circuito di prova

A complemento dei test sui banchi prova, vengono effettuati test su pista di prova.

La pista deve essere certificata per le misurazioni PBN (pass-by noise) ovvero la misurazione del rumore in transito del veicolo. A seconda del tipo di pista di prova vengono testate diverse caratteristiche del veicolo. La pista di prova offre, tra le varie, la possibilità di eseguire prove di guida in salita (con vari gradienti) e prove di scorrimento. È possibile anche effettuare la prova di rumorosità all'interno del veicolo, verificare il comportamento alle vibrazioni e alle oscillazioni.

### Misurazioni acustiche del veicolo

Un criterio essenziale durante le prove sui veicoli è il comportamento alle vibrazioni e al rumore. Gli effetti del comportamento vibrazionale dei singoli componenti sul rumore interno possono essere valutati solo nel veicolo completo. Vengono eseguiti test del suono all'interno dell'abitacolo. Solitamente per le misurazioni del rumore viene utilizzato un dinamometro acustico (banco prova a rulli) certificato secondo lo standard DIN 45635 classe 1 (Measurement of noise emitted by machines). Le caratteristiche di un banco di prova acustica sono le seguenti:

Rullo singolo ad un asse Ø	1.909 m
Motore a corrente continua	300 KW
Trazione/sovraccarico	8 kN / 12 kN
Massa veicolo simulata	500 - 3.500 kg
Vmax	250 km/h

**Tabella 2.1.** Caratteristiche banco prova acustica [9]

In Fig. 2.3 è possibile vedere la postazione per eseguire il cosiddetto "acoustics roller test bench" :

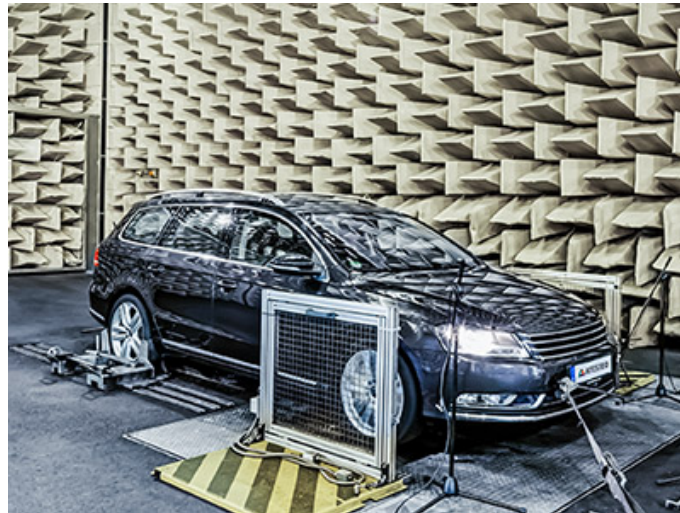


Figura 2.3. Acoustics roller test bench [9]

### 2.5.3 Test su strada

#### Misurazioni GSA

Il comportamento in movimento dei veicoli è molto importante. Mediante l'utilizzo del Gear Shift Analysis (GSA), è possibile catturare ed analizzare tutti i parametri importanti del cambio. Il GSA consente di identificare le anomalie durante la cambiata e di rettificarle direttamente durante il processo di sviluppo. Vengono testati tutti i tipi di trasmissioni come ad esempio: AT (Automatic transmission), DCT (Dual-clutch transmission) e CVT (Continuously variable transmission).

#### Prove sulla breve distanza

I test a breve distanza, su strada, servono principalmente a testare il funzionamento di parti, componenti o sistemi del veicolo. Per fare ciò è necessario dotare i singoli componenti, o gruppi di componenti, di strumenti di misura e sensori.

- Collaudo funzionale di parti, componenti o sistemi del veicolo
- Equipaggiamento di singoli componenti o assiemi con sensori di misura
- Strumentazione completa dell'intero veicolo
- Acquisizione dati su strada

- Test funzionali, ad es. adattabilità, misurazioni NVH (Noise, vibration, and harshness), comportamento alle diverse temperature ecc..

#### **Test endurance (operatività 24 ore su 24, 7 giorni su 7)**

L'obiettivo per i test endurance a lunga distanza è raggiungere un elevato chilometraggio seguendo un determinato percorso nel più breve tempo possibile. Tipici percorsi di guida sono di 100.000 km e oltre. Pertanto i test "endurance" a lunga distanza vengono effettuati con un funzionamento continuo 24 ore al giorno sette giorni alla settimana.

- Prove continuative a lunga distanza
- Raccolta e convalida dati nei test a lunga distanza
- Monitoraggio di sistemi e componenti
- Test di resistenza del veicolo "nel mondo reale"
- Accumulo di elevato chilometraggio

#### **Prove a diverse temperature (Cold and hot temperature testing)**

L'obiettivo delle prove a diverse temperature è quello di verificare il comportamento del veicolo al cambiare del clima. Viene testato il comportamento di tutti i componenti al cambiare della temperatura. Vengono raccolti dati utili per lo sviluppo del veicolo. Tra i vari test eseguiti i più rilevanti sono la verifica del comportamento del motore, della trasmissione, della frizione e del cambio alle diverse temperature. Molto importante è anche la verifica del funzionamento del sistema di raffreddamento (liquidi) nel caso di alte o basse temperature.



## Capitolo 3

# Valutazione della sicurezza dei veicoli: il crash test

### 3.1 Introduzione

Un crash test o prova d'impatto è una forma di collaudo distruttivo di solito eseguito per verificare la sicurezza delle automobili, degli autocarri e delle motociclette e dei relativi componenti. È solitamente effettuato da ditte private su commissione di enti nazionali o internazionali (ad esempio della Comunità Europea) [10].

#### 3.1.1 Origine del Crash Test

Al giorno d'oggi i crash test sono dei test necessari e fondamentali per poter rilasciare un'auto sul mercato. I consumatori si affidano ai punteggi e alle valutazioni stabilite dai test per prendere decisioni di acquisto consapevoli [11].

I crash test non sono sempre stati parte del processo di progettazione e valutazione delle nuove automobili. Per molti anni, nessun produttore ha pensato che simulare un'incidente di un'auto sarebbe stato un modo pratico per testare la sicurezza dei passeggeri o l'integrità strutturale del veicolo. I primi crash test hanno avuto origine negli anni '30 grazie alla General Motors.

Le automobili sono in circolazione dall'inizio del XX secolo, all'inizio si guardava se un'auto funzionava bene, senza cadere a pezzi, su strada o in pista. La sua integrità strutturale nelle collisioni non veniva presa in considerazione.

Solo decenni dopo si è iniziato a testare le auto con i crash test rendendo questo tipo di test essenziale nella progettazione e nel collaudo.

Nel 1934 un produttore decise di valutare cosa succedeva ad un'auto facendola schiantare intenzionalmente contro un ostacolo. In quell'anno, la General Motors tenne il suo primo "test di barriera" al Milford Proving Ground nel Michigan. Un veicolo, non occupato, venne fatto rotolare giù da una collina (per aumentarne la velocità) e fatto scontrare con un ostacolo. In questi primi test, l'attenzione

era concentrata meno sulla protezione degli occupanti e più sullo studio di come rendere le auto più robuste e resistenti.

Successivamente si prese maggiormente in considerazione l'importanza della sicurezza dei passeggeri dell'automobile e per questo vennero introdotti i manichini per crash test, intorno agli anni '40.

## 3.2 Automotive safety

La sicurezza automobilistica comprende lo studio, la progettazione, la costruzione e l'equipaggiamento delle automobili per ridurre al minimo la possibilità di verificarsi di incidenti stradali che coinvolgono i veicoli [12]. Uno dei primi studi accademici formali sul miglioramento della sicurezza dei veicoli a motore è stato condotto dal Cornell Aeronautical Laboratory di Buffalo, New York. La conclusione principale del loro ampio studio è stata l'importanza cruciale delle cinture di sicurezza e dei cruscotti imbottiti. Secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), l'80% delle auto vendute nel mondo non è conforme ai principali standard di sicurezza. Solo 40 paesi hanno adottato l'intera serie delle sette normative più importanti per la sicurezza delle auto. Negli Stati Uniti, un pedone viene ferito da un veicolo a motore ogni 8 minuti e ha una probabilità 1,5 volte maggiore rispetto agli occupanti di un veicolo di morire in un incidente automobilistico [13]. I miglioramenti nella progettazione delle strade e dei veicoli a motore hanno costantemente ridotto i tassi di infortuni e mortalità in tutti i paesi del mondo.

### 3.2.1 Sicurezza attiva e passiva

I termini "attiva" e "passiva" sono termini semplici ma importanti nel mondo della sicurezza automobilistica. "Sicurezza attiva" è usato per riferirsi alla tecnologia che aiuta nella prevenzione di un incidente e "sicurezza passiva" si riferisce ai componenti del veicolo (principalmente airbag, cinture di sicurezza e la struttura fisica del veicolo) che aiutano a proteggere gli occupanti durante un incidente [14].

#### Prevenzione degli incidenti

I sistemi e i dispositivi di prevenzione degli incidenti aiutano il conducente ed aiutano il veicolo stesso ad evitare una collisione. Questa categoria comprende:

- I fari, i catarifrangenti e le altre luci e segnali del veicolo
- Gli specchietti del veicolo
- I freni, lo sterzo e le sospensioni del veicolo

### Assistenza alla guida

Un sottoinsieme dei sistemi di prevenzione degli incidenti sono i sistemi di assistenza alla guida, che aiutano il conducente a rilevare gli ostacoli e a controllare il veicolo [14]. I sistemi di assistenza alla guida includono:

- Driver Alertness Detection System (DADS) per aiutare a prevenire incidenti causati da affaticamento, mancanza di attenzione o distrazioni
- Sistemi di frenata automatica per prevenire o ridurre la gravità della collisione.
- I fari adattivi che controllano la direzione e la portata dei fasci dei fari per illuminare la strada del conducente attraverso le curve e massimizzare la distanza di visibilità senza accecare parzialmente gli altri conducenti
- Sensori di retromarcia e fotocamera, che avvisano il conducente di oggetti difficili da vedere sul loro percorso durante la retromarcia
- Cruise control adattivo che mantiene una distanza di sicurezza dal veicolo che precede
- Sistema di mantenimento della corsia, per avvisare il conducente in caso di uscita involontaria dalla corsia di marcia
- Sistema di monitoraggio della pressione dei pneumatici
- Traction control che gestisce la trazione se le ruote motrici iniziano a slittare
- Controllo elettronico della stabilità, che interviene per evitare un'imminente perdita di controllo
- Sistema di frenata antibloccaggio, ripartitore elettronico di frenata, sistema di assistenza alla frenata di emergenza e di controllo della frenata in curva
- Sistema di parcheggio automatizzato
- Sensori di rilevamento degli ostacoli

### Resistenza agli urti "Crashworthiness"

La resistenza agli urti è la capacità di una struttura di proteggere i propri occupanti durante un impatto. Questa viene comunemente testata durante le indagini sulla sicurezza di veicoli [15]. I sistemi e i dispositivi antiurto prevengono e riducono la gravità delle lesioni nel caso di incidente. Gli studi e i test vengono effettuati utilizzando i manichini per crash test. Si analizzano ora alcuni di questi sistemi e dispositivi.

Le cinture di sicurezza limitano il movimento in avanti di un occupante, si allungano per assorbire energia, per allungare il tempo dell'accelerazione negativa dell'occupante in caso di incidente, riducendo il carico sul corpo degli occupanti. Impediscono che gli occupanti vengano espulsi dal veicolo e assicurano che si trovino nella posizione corretta per il funzionamento degli airbag. Gli airbag si gonfiano per attutire l'impatto di un occupante del veicolo con le varie parti dell'interno del veicolo. E' fondamentale la prevenzione dell'impatto diretto della testa del conducente con il volante e il montante della portiera. Molto importante è il parabrezza laminato, che rimane intero quando viene colpito, impedendo la pericolosa dispersione di vetri dopo una collisione. I finestrini laterali e posteriori in vetro temperato si rompono in granuli con bordi minimamente taglienti. I veicoli includono anche zone di deformazione anteriori, posteriori e laterali. Le zone di deformazione assorbono e dissipano la forza di una collisione, spostandola e deviandola dall'abitacolo e riducendo la forza di impatto sugli occupanti del veicolo. Si parla di cella di sicurezza ovvero l'abitacolo è rinforzato con materiali ad alta resistenza, specialmente nei luoghi soggetti a carichi elevati in caso di incidente, al fine di mantenere uno spazio di sopravvivenza per gli occupanti del veicolo. La cella di sicurezza riduce il rischio e la gravità dell'impatto del guidatore e degli occupanti in caso di incidente.

### 3.3 La valutazione della sicurezza dei veicoli: il protocollo Euro NCAP

Oggi è noto come Euro NCAP, ma assegnare un certo numero di "stelle" come valutazione della qualità di un prodotto o di un servizio è entrato in uso quasi due secoli fa, nelle guide turistiche [16]. Il sistema è stato poi esteso a molti altri settori. Anche nel settore automobilistico le stelle sono utilizzate per indicare il livello di sicurezza dei veicoli, misurato da organizzazioni indipendenti specializzate. In Europa esiste l'Euro NCAP, dove NCAP significa New Car Assessment Programme, programma di valutazione delle nuove auto, da oltre vent'anni. Organizzazioni simili sono presenti in America Latina (Latin NCAP), in Cina (C-NCAP), Oceania (ANCAP), Asia Sudest (Asean NCAP), Giappone (JNCAP), Corea del Sud (KNCAP) e Stati Uniti (U.S. NCAP). Esiste anche una organizzazione a livello mondiale, Global NCAP. Il numero di incidenti stradali è ancora molto elevato, nel 2017 si sono registrati in Italia 72.015 incidenti, con 39.178 persone ferite e 1.656 morti. Gli incidenti sono dovuti per la quasi totalità ad errori umani, ma il veicolo può ridurre le conseguenze oppure aiutare il guidatore ad evitarli o ridurne la gravità. Si definisce quindi come livello di sicurezza "passiva" è la capacità del veicolo di ridurre le conseguenze di un incidente, mentre la sicurezza attiva è la capacità di aiutare il guidatore ad evitare un incidente o ridurne la gravità. Negli ultimi anni si sono anche introdotti sistemi di sicurezza "preventiva", in grado di prevenire in modo autonomo il verificarsi di un incidente, come ad esempio i sistemi di frenatura automatica anticollisione.

Esistono anche sistemi di sicurezza post-incidente: dal primo aprile 2018 tutti i nuovi modelli veicolo devono prevedere l'installazione del sistema e-Call, un dispositivo che chiama automaticamente il soccorso (112, il numero unico Europeo) fornendo la posizione del veicolo in caso di incidente. Dato l'elevato rischio di incidenti non stupisce che la sicurezza sia tra i primi fattori che condizionano l'acquisto di una nuova vettura. Per un acquirente è quindi importante poter essere informato del "livello" di sicurezza del veicolo che intende acquistare. Ma a differenza di altri fattori, come costo, consumi, qualità percepita, comfort, prestazioni, la sicurezza non è valutabile dall'acquirente, neanche attraverso l'opinione di possessori dello stesso modello di veicolo. Le informazioni prodotte dai costruttori dei veicoli non sempre sono completamente attendibili. Da qui nasce l'interesse di avere organizzazioni indipendenti dalle case automobilistiche che misurino oggettivamente la sicurezza del veicolo, in tutti i suoi fattori. Euro NCAP nasce quindi nel 1997 per questo scopo, fornire ai consumatori una misura, espressa in modo molto sintetico in un numero di stelle da zero a cinque, della sicurezza dei veicoli disponibili sul mercato.

#### 3.3.1 La storia di Euro NCAP

A partire dagli anni '70 alcuni governi europei, attraverso il Comitato europeo per la Sperimentazione Veicoli (EEVC), hanno lavorato alla valutazione della sicurezza passiva delle automobili. Sono state elaborate procedure rigorose per i crash test, ma nel 1994 l'industria automobilistica si è opposta alla adozione di specifiche normative nella legislazione europea, suggerendo la loro adozione graduale a livello legislativo globale attraverso il consolidato meccanismo governato da UN-ECE (United Nations Economic Commission for Europe, che ha sede a Ginevra). Di conseguenza, nel giugno 1994 il ministero britannico dei Trasporti ha preso in considerazione l'istituzione di un "New Car Assessment Programme" (NCAP). Nel 1996 l'Amministrazione nazionale svedese delle strade (SNRA), la Federazione internazionale dell'automobile (FIA) e l'International Consumer Research and Testing hanno aderito al programma ed è stato istituito l'Euro NCAP. Affinchè i risultati non fossero messi in discussione, i membri hanno deciso fin dall'inizio di sviluppare i test secondo criteri puramente scientifici. Per non sovrapporsi alla legislazione è stato inoltre deciso che i test sarebbero stati effettuati con criteri molto più stringenti rispetto a quelli richiesti dalle regolamentazioni. Inizialmente le case automobilistiche avevano preso una posizione critica, ritenendo che fosse tecnicamente impossibile raggiungere il massimo punteggio. In seguito però apprezzarono il fatto che Euro NCAP fornisse un criterio equo per la valutazione della sicurezza, e che i maggiori costi di sviluppo e di produzione di una vettura più sicura fossero poi recuperabili in termini pubblicitari e di maggiori vendite. Le case automobilistiche hanno quindi iniziato a collaborare con Euro NCAP, con l'obiettivo comune di definire test robusti ed efficaci nel promuovere una maggiore sicurezza. Oggi quasi tutti i test definiti da

Euro NCAP sono sviluppati in gruppi di lavoro dove le case costruttrici hanno alcuni rappresentanti [16].

### 3.3.2 Criteri generali dei test Euro NCAP

L'obiettivo generale di Euro NCAP è di spingere tutte le case automobilistiche ad adottare, di serie, le migliori tecnologie disponibili per migliorare la sicurezza. Una vettura che viene valutata "cinque stelle" ha quindi i migliori standard di sicurezza disponibili, allo stato dell'arte, per tutti i diversi aspetti considerati. Euro NCAP è consapevole che una maggior sicurezza comporta maggiori costi di sviluppo e produzione dei veicoli, costi che si ribalterebbero sui clienti, mettendo a rischio i benefici stessi: una vettura molto sicura ma che non si riesce a vendere porta pochi benefici; Euro NCAP è quindi molto attenta a focalizzarsi sulle soluzioni e tecnologie che promettono maggiori benefici. E a focalizzarsi sui scenari di incidente più frequenti. Le tecnologie evolvono e migliorano continuamente, Euro NCAP modifica periodicamente i test per sfruttare nuove soluzioni tecnologiche disponibili. Quando una nuova tecnologia viene introdotta sul mercato, Euro NCAP la tiene sotto osservazione per comprendere l'effettivo beneficio ottenibile in termini di sicurezza. Se il beneficio è chiaro ed indiscutibile Euro NCAP avvia il processo di definizione del test per valutare le prestazioni della soluzione su un particolare modello di veicolo. Definito il test questo viene introdotto nella valutazione complessiva, assegnando al test una importanza, numero di punti, che sono funzione del beneficio potenziale in termini di sicurezza. In Fig. 3.1 seguente viene descritto il processo, prendendo come esempio il sistema Emergency Braking (frenata automatica di emergenza).



Figura 3.1. Scheda tecnica frenata automatica di emergenza [16]

### 3.3.3 I test Euro NCAP

I test sono divisi in quattro gruppi, sulla base dell'obiettivo di sicurezza perseguito:

- Protezione degli occupanti del veicolo adulti durante un crash
- Protezione degli occupanti bambini durante un crash
- Protezione degli utenti vulnerabili, pedoni e ciclisti, in un incidente con il veicolo
- Prevenzione incidenti, sistemi di sicurezza attiva e preventiva

Per ogni gruppo viene data una valutazione, un punteggio che poi viene convertito in un numero di stelle da zero a cinque. La valutazione finale è il minimo tra i valori ottenuti. Per avere cinque stelle un veicolo deve quindi ottenere le cinque stelle in tutte e quattro le categorie. Tutti i risultati dei test condotti da Euro NCAP sono visualizzabili. Oltre al risultato finale è possibile leggere i risultati dettagliati dei test e anche vedere i video relativi alle prove eseguite, per ogni modello di veicolo testato.

#### 3.3.4 Protezione degli occupanti adulti

Sono ben cinque i tipi di incidenti analizzati, due frontali, due laterali e uno posteriore. Frontalmente il veicolo viene lanciato a 64 Km/h contro una barriera deformabile (simula un altro veicolo) colpita non in pieno ma solo parzialmente, per il 40%, nel lato guidatore. Il secondo incidente simulato è un urto a 50 Km/h contro un ostacolo rigido piano indeformabile (muro). Questi due tipi di incidenti sono stati scelti perché rappresentano scenari di incidente tipici e sono molto diversi tra di loro, questo dovrebbe garantire l'efficacia delle misure di protezione nella gran parte di tipi di incidenti frontali che avvengono nella realtà. Anche gli urti laterali sono due: i crash test vengono eseguiti contro una barriera deformabile (50 km/h) e contro un palo preso obliquamente (75°) ai 32 km/h. Nell'urto posteriore si valuta solamente il "colpo della strega", la sollecitazione subita dalla colonna cervicale lungo il collo. Sulle prestazioni in questo tipo di incidente influisce solo il sedile/poggiatesta, la prova avviene quindi su una slitta dove viene posizionato il sedile con il manichino e si simula un tamponamento. Nelle due prove (palo e barriera deformabile) viene utilizzato un unico manichino di adulto, sensorizzato in modo specifico per l'urto laterale, nel posto guida e l'urto avviene su quel lato. Nelle statistiche relative agli incidenti laterali, tipici degli incroci, emerge che anche gli occupanti seduti nel lato non interessato all'urto soffrono spesso di conseguenze anche gravi. Da Gennaio 2018 Euro NCAP ha quindi inserito, per il crash laterale, una valutazione relativa agli occupanti adulti nel lato non interessato all'urto. Questa nuova prova non produce punteggio per il momento, viene eseguita su una slitta simulando un urto laterale secondo due diverse angolazione. Nel periodo 2018-2019 Euro NCAP acquisirà la documentazione (misure dei sensori e registrazioni video) di queste prove, al fine di poter correttamente definire i parametri per un test valutativo a partire dal 2020. In tutti i test, per misurare l'effettiva protezione vengono utilizzati dei manichini,

posizionati sui veicoli (o sul sedile nel caso dell'urto posteriore) durante le prove di crash, dotati di moltissimi sensori per misurare le sollecitazioni a cui vengono sottoposti durante l'urto. Questi sensori misurano sia le deformazioni a cui i manichini sono sottoposti, che le accelerazioni interne. Per ridurre le conseguenze di un incidente è infatti importante che le deformazioni siano limitate, ad esempio la compressione del torace, e che le decelerazioni non superino mai determinati valori. Decelerazioni eccessive sono causa di "commozioni", cioè lesioni interne degli organi dovute al loro movimento relativo ("co-muovere") non coerente, ad esempio il cranio rispetto al cervello. Attraverso studi medici molto approfonditi i valori fisici misurati dai sensori del manichino vengono correlati con l'"Injury Risk" (rischio di ferite più o meno gravi). Il corpo umano è diverso da individuo e individuo, individui giovani e robusti subiscono, a parità di incidente, meno traumi. Come si vede in Fig. 3.2 che riassume i risultati del test, la valutazione finale è espressa in un giudizio (buono/adequato/marginale/carente/scarso) visualizzato come colore per le varie parti del corpo interessate dall'urto. Buono/verde significa cavarsela con soli lividi, scarso/rosso significa rischio di ferite gravi, fino alla morte, laddove sono interessate parti vitali, testa o torace.

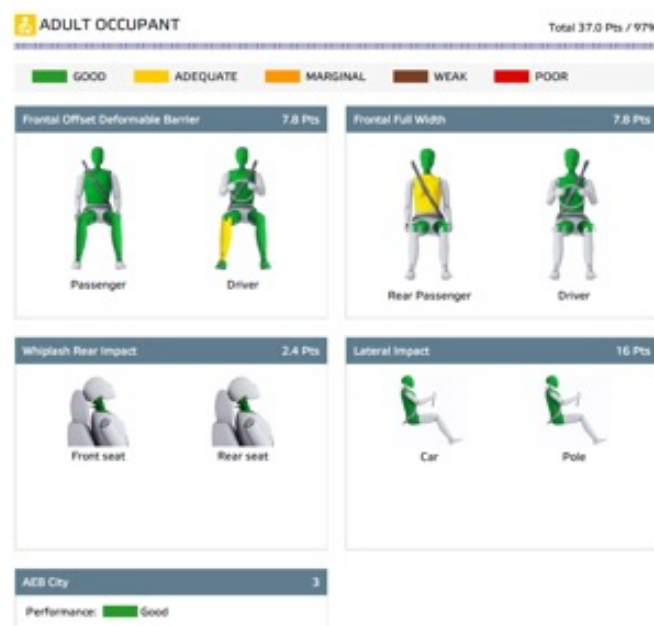


Figura 3.2. Simulazione valutazione danni da urto [16]

I manichini utilizzati durante le prove di crash sono "specializzati" per il tipo di test a cui sono sottoposti. Per l'urto frontale vengono inoltre utilizzati due tipi diversi di manichino, uno simula l'uomo e uno simula una donna, entrambi strutturati con diverse caratteristiche. Tenendo conto che ridurre la velocità di impatto porterebbe a grossi benefici, in questi test Euro NCAP ha recentemente inserito anche il sistema di frenata di emergenza (AEB, Automatic Emergency



Braking) "City", a velocità urbane fino a 50 kmh, nel gruppo di test relativi alla protezione degli occupanti. In questo test il veicolo in prova viene lanciato a velocità da 10 a 50 km/h verso un simulacro di veicolo fermo, con diversi livelli di sovrapposizione: 100%, veicoli perfettamente allineati, 75% e 50% (mezziera del veicolo sotto test allineato con il bordo esterne del simulacro), come da Fig. 3.3:

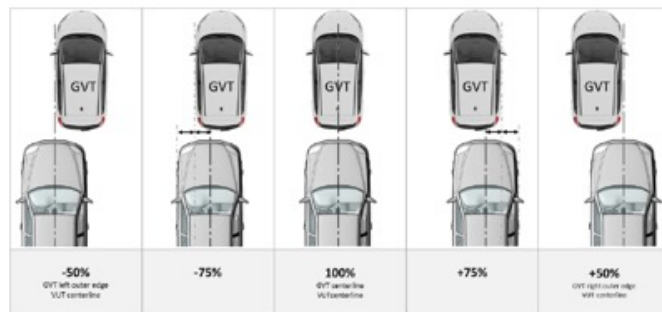


Figura 3.3. Diversi livelli di sovrapposizione tra i due veicoli [16]

La valutazione avviene considerando le prestazioni in termini di collisione evitata o riduzione della velocità di impatto. Tenuto conto che le prove sono molte (45, il test prevede 9 diverse velocità con 5 diversi allineamenti), Euro NCAP chiede alle case costruttrici di fornire la tabella completa dei risultati, che poi verifica con alcuni test in condizioni prese a caso tra quelle possibili.

#### 3.3.5 Protezione degli occupanti bambini

Una efficace protezione dei bambini è ovviamente condizionata ad una loro corretta posizione: seduti e trattenuti con un seggiolino adeguato alla loro età e peso. Durante le prove di crash vengono utilizzati due manichini che simulano bambini di dieci e sei anni, disposti su adeguati seggiolini, nei sedili posteriori. Le prove di crash considerate sono solo due, frontale e laterale con barriere deformabili. Oltre ai risultati di questi test Euro NCAP analizza la presenza e la facilità di utilizzo di sistemi di fissaggio per i seggiolini, secondo gli standard maggiormente diffusi: Isofix, i-Size o che utilizzano le cinture di sicurezza standard del veicolo. Vengono ovviamente anche considerati eventuali sistemi integrati nel veicolo. Undici modelli di seggiolino vengono utilizzati per valutare l'effettiva possibilità di installazione nei vari sedili dove previsto, senza problemi di sicurezza.

#### 3.3.6 Protezione pedone

In queste prove non si utilizzano dei manichini completi, ma soltanto dei simulacri delle parti che vengono colpite dal veicolo: gamba, coscia/bacino e testa. In questi test si valuta quanto il veicolo è "aggressivo" nei confronti di pedoni

investiti, cioè quanta probabilità si ha, a parità di altre condizioni, di provocare ferite. Questo dipende dalla forma e caratteristiche della parte frontale del veicolo. Questi simulacri vengono "lanciati" sulle parti del veicolo che andrebbero ad urtare in caso di un investimento: paraurti per la gamba, parte frontale per la coscia/bacino, cofano e parabrezza per la testa. Ovviamente il veicolo non può essere "dolce" dovunque allo stesso modo, quindi tutto il frontale del veicolo viene valutato secondo una griglia definita di punti, e il risultato finale è una opportuna media ponderata dei risultati ottenuti nei vari punti. Questo test comporterebbe quindi centinaia di prove distruttive (il veicolo deve essere ripristinato dopo ogni test, sostituendo le parti danneggiate), con costi proibitivi. Per evitare questo viene chiesto al costruttore di fornire una "autovalutazione" dei risultati, ottenibile a costi contenuti mediante programmi di simulazione. Questa autovalutazione viene poi verificata da Euro NCAP con un numero limitato di prove reali condotte in laboratorio. Ma un frontale "poco aggressivo" mitiga solamente le conseguenze di un investimento, i benefici sarebbero maggiori se si riducesse la velocità del veicolo o l'investimento non avvenisse del tutto. Sistemi di sicurezza preventiva, che in modo autonomo rilevano il pedone e frenano il veicolo, possono portare a benefici molto più importanti. Per questo Euro NCAP considera anche, in questo gruppo di test, la presenza e le prestazioni di sistemi di rilevamento pedone (con avviso) soprattutto se integrati con una frenata di emergenza.

Quattro scenari sono considerati, per prove in paesi con guida a destra:

- adulto che attraversa di corsa, partendo dal lato sinistro della strada
- adulto che attraversa camminando, partendo dal lato destro della strada, che verrebbe investito sul lato del guidatore se il veicolo non frena
- adulto che attraversa camminando, partendo dal lato destro della strada, che verrebbe investito sul lato del passeggero, se il veicolo non frena
- bambino che attraversa correndo dal lato destro della strada, sbucando dietro due veicoli parcheggiati.

Per ognuno di questi scenari il veicolo viene lanciato a velocità crescenti, si misura fino a quando il veicolo evita l'incidente o riesce a ridurre la velocità di impatto. Il manichino utilizzato in queste prove non è sensorizzato, dispone solo di piccoli motori per muovere le gambe come un reale pedone. Deve sopportare, senza danni, investimenti a velocità anche elevate, 80 km/h.

### 3.3.7 Sistemi di assistenza

In questo gruppo vengono valutati quattro sistemi di assistenza per il miglioramento della sicurezza.

### **Controllo velocità**

Viene valutata la presenza di limitatori di velocità, impostabili dall'utente o, meglio, che utilizzano il limite di velocità della strada che si sta percorrendo, rilevata mediante telecamere (riconoscimento dei segnali stradali) o le informazioni disponibili sulle mappe digitali del navigatore.

### **Seat Belt Reminder**

Avere le cinture allacciate è di enorme beneficio in caso di incidente. Per Euro NCAP i sedili anteriori devono avere l'avviso acustico. Per i sedili posteriori è sufficiente che il guidatore sia informato dello stato di allaccio/non allaccio delle cinture.

### **Mantenimento corsia**

Dal Gennaio 2018 questo test è stato modificato in modo significativo, aumentando notevolmente i requisiti. Quattro sono gli scenari considerati:

- Mantenimento della corsia in situazioni di potenziale rischio
- Assistenza al mantenimento della corsia
- Avviso uscita di corsia
- Sensore angolo cieco

Il primo scenario è il più complesso e sono previste tre diverse prove:

- Uscita di strada
- Cambio corsia in presenza di veicolo che arriva frontalmente
- Cambio di corsia con un veicolo che sta arrivando in sorpasso

In questi casi il veicolo deve reagire autonomamente sullo sterzo evitando una uscita di corsia che possa portare ad un incidente. Le prove avvengono a 72 km/h (anche per il veicolo che incrocia), con velocità laterali crescenti. Il secondo e il terzo scenario sono simili, si valuta l'intervento attivo del veicolo, assistenza al mantenimento della corsia, oppure l'avviso che viene fornito al guidatore. Le prove prevedono l'uscita di strada a destra, oppure di corsia a destra e a sinistra, con linea di corsia continua o tratteggiata. Il quarto scenario, sensore angolo cieco, non prevede prove, si verifica solo che funzioni in condizioni reali.

### Frenata di emergenza

Nella protezione occupanti adulti è previsto un test del sistema di frenata di emergenza, AEB, in condizioni urbane, velocità sino a 50 Km/h, rispetto un veicolo fermo. Altre situazioni, tipicamente su strade extraurbane e autostrade, vengono anche valutate e il punteggio assegnato in questa categoria di test. In questo caso lo scenario prevede il veicolo di fronte fermo, oppure in movimento a 20 Km/h. Vengono testate tutte le velocità da 30 a 80 Km/h, con intervallo 5 Km/h. E' prevista anche una prova dove entrambi i veicoli viaggiano a 50 Km/h, e il veicolo di fronte frena improvvisamente. In questi scenari viene testato non solo la frenata automatica, ma anche l'avviso anticollisione (Frontal Collision Warning) di cui spesso i veicoli sono dotati anche in combinazione con la frenata di emergenza. Questi sistemi forniscono un avviso acustico-visivo in presenza di un ostacolo pericoloso. Nel test è il guidatore a frenare, appena viene percepito l'avviso. Come per la frenata di emergenza "city", anche in questo caso vengono testati diversi allineamenti tra veicolo in prova e il veicolo "ostacolo".

#### 3.3.8 Sistema Dual rating

Euro NCAP ritiene che la sicurezza del veicolo debba essere una caratteristica "standard", di serie. I veicoli che vengono testati sono quindi dotati solo degli equipaggiamenti previsti di serie. Con la crescente diffusione di sistemi di sicurezza attiva, come Frenata di Emergenza, Mantenimento Corsia, Avviso anticollisione, offerti dalle case come optional sui modelli di gamma medio-bassa, testare veicoli solo privi di questi optional avrebbe privato i consumatori, potenziali acquirenti di nuovi veicoli, di una informazione importante: acquistando gli optional quanto più sicuro è il mio veicolo? D'accordo con le Case Automobilistiche Euro NCAP ha dal 2016 introdotto il concetto di "dual rating": le case raggruppano in un unico optional ("safety pack"), tutti gli optional utili nelle valutazioni Euro NCAP, e i test sono eseguiti su due diversi modelli, quello senza e quello con l'optional. Alla fine vengono pubblicati due diversi risultati. Scorrendo i risultati dei test Euro NCAP occorre quindi prestare attenzione a questa informazione, se il test è eseguito con le dotazioni standard, o con il safety pack.

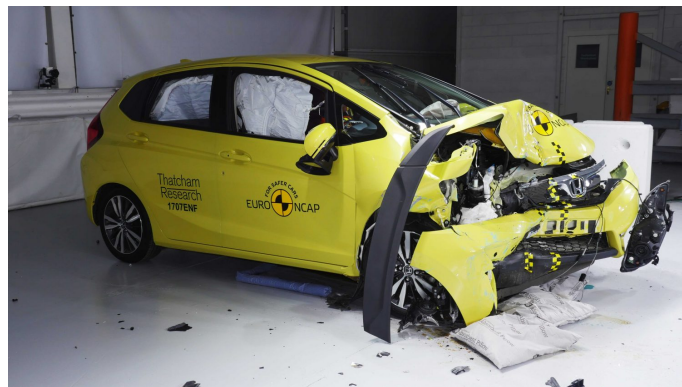
#### 3.3.9 Presente e futuro del protocollo

A settembre 2017 Euro NCAP ha compiuto venti anni. Un momento importante, dove era opportuno anche fare un bilancio dei risultati ottenuti: secondo Euro NCAP dal 1997 ad oggi i crash test di Euro NCAP hanno contribuito a salvare oltre 78.000 vite umane. Euro NCAP in questi venti anni ha speso 160 milioni di euro per testare 1800 veicoli, pubblicando 630 valutazioni. Oggi il 90% delle vetture nuove vendute in Europa ha una valutazione Euro NCAP espressa in stelle. Le Fig. 3.4 e 3.5 danno, meglio di qualsiasi numero, l'idea del

miglioramento che Euro NCAP ha promosso nella sicurezza passiva dei veicoli. Due veicoli sono stati sottoposti al medesimo test: urto frontale con barriera deformabile, secondo l'attuale protocollo Euro NCAP.



**Figura 3.4.** Crash test frontale una stella [16]



**Figura 3.5.** Crash test frontale cinque stelle [16]

La prima vettura è una Rover 100, che ottenne una stella nel 1997, la seconda è la Honda Jazz, che ha preso cinque stelle nel 2015. L'incidente è lo stesso, le conseguenze sarebbero molto diverse.

### 3.4 Tipi di Crash test

La velocità e modalità dei test varia a seconda del test stesso. Le diverse tipologie di test sono [17]:

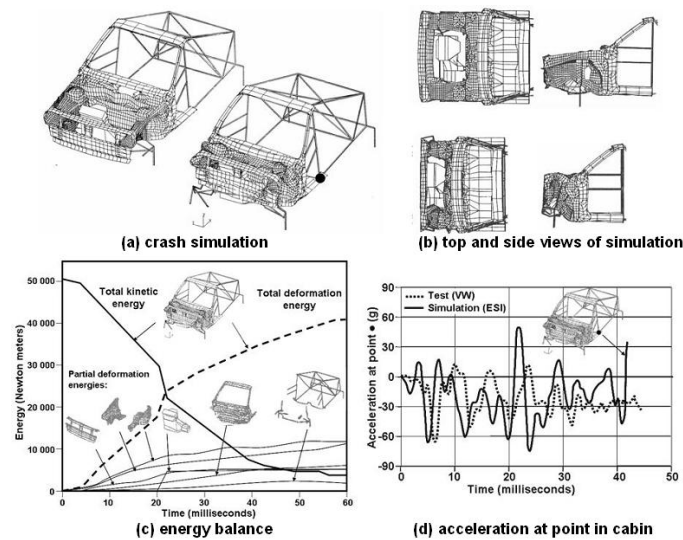
- Urto frontale pieno, quello a cui si pensa subito parlando di crash test. Esso è solitamente un impatto contro un muro di cemento rivestito di una barriera di alluminio (indile solitamente, e qualche volta deformabile e capace di assorbire parte dell'urto), ad una velocità precisa, ma può essere

anche un test contro un altro veicolo. I veicoli 4WD sono stati spesso esclusi da questi test a causa della loro "altezza". Il test frontale pieno serve a valutare in particolare l'efficienza dei sistemi di sicurezza quali airbag e cinture di sicurezza.

- Urto frontale disassato, in cui solo una parte dell'anteriore dell'auto impatta contro una barriera o un veicolo. La loro importanza è dovuta al fatto che le forze d'impatto rimangono approssimativamente le stesse di un urto frontale pieno, ma sono assorbite da una parte più piccola dell'auto (spesso è circa il 40%, ma un tipo di test dell'IIHS riguarda il 25%), nell'omologazione la velocità è di 56 km/h, nel test EuroNCAP è di 64 km/h.
- Urto laterale: queste forme di incidenti hanno un'alta probabilità di fatalità perché le auto non hanno una grande zona di deformazione per assorbire l'impatto prima di ferire un occupante. Solitamente viene lanciato un carrello del peso di circa 950/1000 kg contro il lato conducente di un veicolo fermo. A seconda delle compagnie che effettuano il test, il carrello può impattare perpendicolarmente o a 45° ad una velocità di 50 km/h.
- Rollover (cappottamento) in cui si testa l'abilità dell'auto (specificamente i montanti che sorreggono il tetto) a sopportare il proprio peso in un impatto dinamico.
- Il test dell'alce è usato in Svezia da decenni per testare la stabilità di un veicolo che deve scartare un ostacolo che gli si pone improvvisamente davanti, quale appunto, un alce.
- La prova del palo è usata per assicurarsi che i guard-rail proteggano gli occupanti del veicolo e per controllare che i guard-rail stessi, i pali della segnaletica, i pali della luce e simili accessori non procurino eccessivi danni agli occupanti, test eseguito a 29 km/h.
- Il Test del pedone, è stato effettuato da alcune case automobilistiche per proteggere i pedoni in caso di un eventuale investimento a 40 km/h. Gli standard di sicurezza sono la prevenzione della frattura al femore e la protezione della testa da lesioni gravi.

### 3.4.1 Raccolta dati e Attribuzione dei punteggi

I crash test sono condotti con standard rigorosamente scientifici e sicuri. Ogni test è molto costoso per cui devono essere estratti il maggior numero di dati da ognuno di essi. Solitamente questo richiede l'uso di strumenti per acquisire dati ad alta velocità, almeno un accelerometro triassiale e un manichino da crash test. In Fig. 3.6 sottostante si può vedere un tipico schema grafico da crash test.



**Figura 3.6.** Grafico di un crash test [17]

In ogni crash test viene attribuito un punteggio al veicolo testato. Il metodo di valutazione varia in base all'organizzazione che esegue il collaudo ma di solito è espresso in "stelline", da 1 a 5 [17].

- L'EuroNCAP e l'ANCAP attribuiscono un punteggio dopo la prova d'impatto frontale disassato, laterale, del palo e del pedone
- L'NHTSA esegue i test frontale pieno e laterale, oltre al rollover
- L'IIHS prova i veicoli per il crash test frontale, pieno e disassato, per quello laterale oltre che per quello a bassa velocità (8 km/h)
- L'OSA esegue la prova d'impatto frontale piena, disassata e laterale





## Capitolo 4

# Approfondimenti: Test del cambio e della frizione

### 4.1 Analisi del cambio

#### 4.1.1 GSA "gear shift analysis"

Il GSA è il sistema di analisi del cambio ed è uno strumento utilizzato per analizzare e migliorare la qualità del cambio nelle trasmissioni manuali. Dall'analisi dei dati raccolti viene valutata la qualità della "cambiata". Il sistema GSA mette a disposizione l'hardware per raccogliere, elaborare e visualizzare i dati rilevanti nel veicolo o nel banco prova.

Vantaggi dell'analisi del cambio con il sistema GSA:

- Misurazione delle forze di cambiata e delle distanze di cambiata sulla leva del cambio
- Analisi e raccolta dei valori caratteristici
- Visualizzazione dei valori analizzati in tabelle e diagrammi
- Confronto dei risultati di varie analisi

#### **Il sistema GSA per l'analisi del meccanismo del cambio**

Il sistema di analisi del cambio di marcia viene utilizzato per verificare la funzionalità e il comportamento nei cambi di marcia, cioè nel passaggio da una marcia all'altra. Lo strumento consente di misurare e analizzare i fattori che influenzano la qualità del cambio. Il GSA, ha dimostrato di essere uno strumento importante per il test di trasmissioni e ingranaggi. Il sistema infatti non viene applicato solo per valutare il cambio di marcia in un veicolo, ma anche per testare i componenti di trasmissione e gli ingranaggi. Il sistema GSA è composto fundamentalmente

da due parti che sono l'hardware, ossia il dispositivo di misurazione, e il software di acquisizione e analisi dati.

In Fig. 4.1 si può vedere l'hardware che compone il GSA.



**Figura 4.1.** GSA gear shift analysis [18]

### Caratteristiche del GSA

- La bassa inerzia e l'attrito ridotto riducono al minimo l'influenza dell'apparecchiatura di misurazione sui risultati della misurazione.
- Determinazione automatica del cambio di marcia e delle fasi di cambiata. I risultati vengono successivamente rivisti graficamente.
- Calcolo di alcuni parametri importanti come i giri/min e la velocità di cambiata.
- Visualizzazione dei valori calcolati e misurati.
- I valori sono determinati in funzione degli eventi di cambio marcia e delle fasi di cambiata e sono poi elencati in forma tabellare.

### Hardware di misurazione GSA per l'analisi del cambio di marcia

Nell'hardware di misurazione GSA si trovano diversi sensori, i dati dell'intero sistema di sensori vengono elaborati con elevata affidabilità grazie alla precisione dei sistemi di misurazione e alla elevata velocità di campionamento. La frequenza di campionamento del dispositivo è di 400 kHz. Il pomello del cambio del veicolo viene sostituito da un pomello speciale. Questo è in grado di registrare le forze nelle tre dimensioni. Tramite software i movimenti e le forze vengono

registrate. Vi sono inoltre dei sensori (ad es. sensore di temperatura) che aiutano nella valutazione delle influenze esterne e nell'analisi delle diverse procedure di misurazione.

### Software di acquisizione dati

Il software di acquisizione dati è ampiamente configurabile, è possibile inserire informazioni sul veicolo e sul conducente. Prima dell'inizio della misurazione viene appresa la disposizione delle marce del veicolo. Ulteriori parametri possono essere impostati e visualizzati in grafici e display definiti dall'utente. È importante distinguere i tipi di misurazione, in particolare si possono condurre misure statiche (motore spento, fermo) e misure dinamiche (in movimento). Per entrambi i tipi di misurazione, vengono raccolti i dati che poi devono essere analizzati. In particolare si registrano le procedure di cambio marcia, la durata e la forza di cambiata. In Fig. 4.2 è possibile vedere un esempio di grafico del sistema GSA.

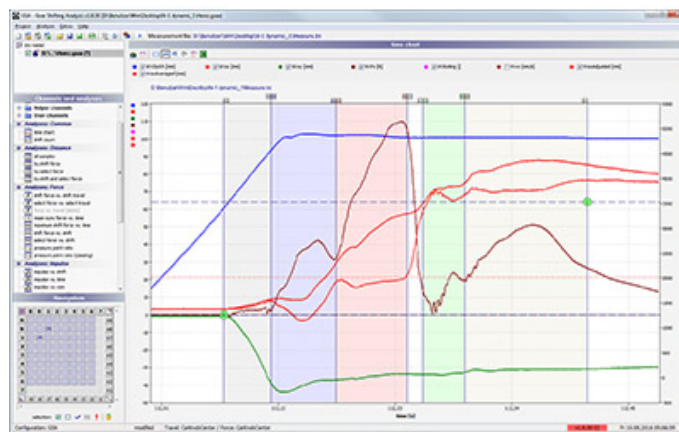
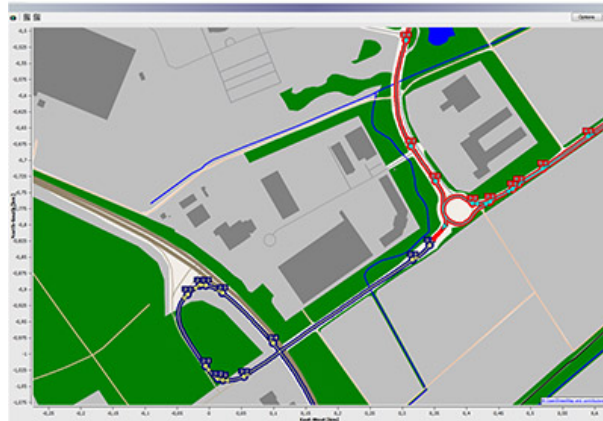


Figura 4.2. Esempio grafico GSA [18]

### Software di analisi dei dati

Utilizzando il software di analisi dati GSA, i dati misurati e precedentemente registrati possono essere analizzati. L'algoritmo di analisi permette di visualizzare i dati su appositi grafici. Durante l'analisi dei dati derivanti dalle misure dinamiche (ossia in movimento) viene creato un elenco di tutti i processi che si verificano durante il cambio marcia (durata della cambiata, impulso di cambiata, aumento del numero di giri motore, forza di cambiata, ecc.). In Fig. 4.3 è possibile vedere la ricostruzione grafica del tracciato percorso con segnati i punti di "cambiata".

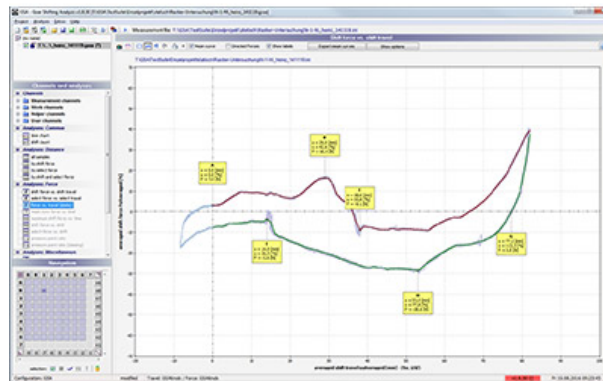


**Figura 4.3.** Software di acquisizione dati GSA [18]

Il software suddivide poi ogni processo di cambiata nelle "zone di cambiata" caratteristiche:

- disinnesto
- Sincronizzazione preliminare
- Zona di sincronizzazione
- innesto

In Fig. 4.4 si possono vedere queste "zone di cambiata" sopra descritte.



**Figura 4.4.** Software di analisi GSA [18]

In fine, i risultati dell'analisi possono essere visualizzati in differenti grafici predefiniti in funzione di marcia, movimento, forza, velocità di rotazione e temperatura.

## 4.2 Clutch Analysis (CA) : Analisi della frizione

Il sistema di analisi della frizione viene utilizzato per l'analisi del meccanismo della frizione nei veicoli con cambio manuale. Alcuni fenomeni di NVH (noise, vibration, harshness) sono influenzati direttamente o indirettamente dalla frizione. Nello "stacco" della frizione si possono verificare vibrazioni o rumori indesiderati. Il sistema CA può essere quindi utilizzato per identificare questo tipo di problematiche nel veicolo. Questo strumento viene utilizzato sia sui veicoli sia sui banchi prova.

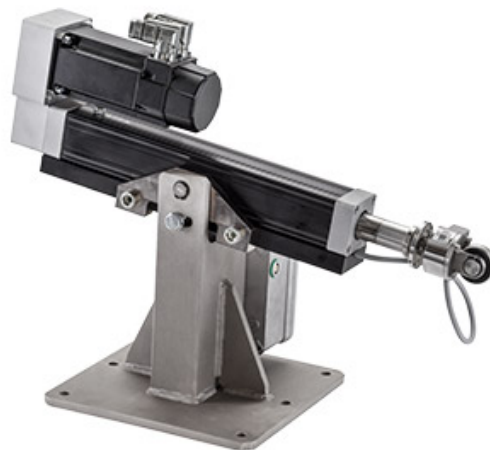
Il sistema di analisi della frizione è importante per i seguenti motivi:

- Verifica della durabilità del meccanismo della frizione
- Verifica influenze dai fattori esterni (ad es. temperatura)
- Sviluppo e miglioramento del meccanismo

### 4.2.1 I componenti del sistema CA per l'analisi della frizione

#### L'hardware di misurazione

L'hardware di misurazione include un sensore di forza nel pedale e un potenziometro. Le forze di azionamento della frizione vengono misurate utilizzando questi due sensori. Può anche essere misurata la posizione del pedale della frizione. Inoltre, nel sistema possono essere integrati anche sensori di temperatura per la verifica dell'influenza dei fattori esterni. In Fig. 4.5 è possibile vedere il dispositivo di attivazione della frizione.



**Figura 4.5.** Clutch activation device (clutch actuator) [18]

**Il dispositivo di misurazione e Il software di analisi**

I dati raccolti dall'intero sistema di sensori vengono elaborati utilizzando un dispositivo ad alta precisione. La frequenza di campionamento di tale dispositivo è di 400 kHz. I dati vengono successivamente registrati e analizzati utilizzando il software di analisi. Nel software le misurazioni possono essere caricate, elaborate ed analizzate, questo permette anche di confrontare varie misurazioni.

# Conclusioni

Lo scopo principale di questo elaborato era fornire al lettore una visione d'insieme dei test eseguiti in ambito automobilistico, cercando di analizzare le diverse tipologie per comprendere al meglio la loro funzione e la loro utilità. In particolare la trattazione aiuta a comprendere come siano fondamentali i test di collaudo eseguiti in fase di produzione e di post-produzione per garantire la piena affidabilità e la totale sicurezza del veicolo prima che possa essere commercializzato e successivamente utilizzato. Il primo obiettivo dell'elaborato era introdurre il lettore nel mondo dell'automobile, visualizzando le componenti che fanno parte della vettura stessa. Dalla lettura della prima parte dell'elaborato è emersa l'importanza della conoscenza generale dei principali componenti dell'automobile, utile a mettere delle basi per analizzare, in seguito, le varie tipologie di automotive tests.

Un secondo obiettivo consisteva nel fornire una conoscenza del significato reale di "test automotive", ossia quella serie di valutazioni a cui vengono sottoposti i veicoli per garantirne la sicurezza, l'affidabilità e la conformità alle norme vigenti. Questo obiettivo è di importanza rilevante per il lettore per comprendere l'assoluta importanza dei test, in quanto muovendosi verso il futuro diventa sempre più importante il concetto di mobilità sicura. Si voleva inoltre fornire la conoscenza del fulcro della trattazione ovvero la classificazione dei test automobilistici. Per fornire questa conoscenza i diversi test sono stati suddivisi per categoria a seconda dei componenti fisicamente testati. Per alcuni test sono stati inoltre descritti i criteri utilizzati per la conduzione degli stessi. Questa panoramica permette al lettore di comprendere la moltitudine di test che vengono condotti in tutti gli ambiti di applicazione possibili.

Un ulteriore aspetto importante trattato nell'elaborato riguarda il test più importante, condotto in fase di sviluppo e collaudo dell'automobile, ovvero il crash test. Da questa parte di trattazione è emersa l'importanza del concetto di sicurezza. Per dimostrare l'importanza della sicurezza nelle automobili, ci si è avvalsi del protocollo che, in seguito al crash test, determina il livello di sicurezza del veicolo. Proprio la sicurezza è tra i primi fattori che condizionano l'acquisto di una nuova vettura e l'acquirente deve essere informato sul grado di sicurezza del veicolo che intende acquistare.

In conclusione, quando si acquista un'automobile spesso non si pensa a tutti

i test ed i controlli che vengono attuati dalle case produttrici e dalle aziende specializzate. L'obiettivo di questa trattazione era quello di fornire al lettore una conoscenza generale sui vari test automotive non comunemente conosciuti. L'elaborato potrebbe dunque essere approfondito studiando nel dettaglio le caratteristiche dei vari test ed il modo in cui vengono condotti.



# Bibliografia

- [1] “Le componenti dell’auto e la sua struttura.” Source: [firststop.it](http://firststop.it).
- [2] “Componenti auto.” Source: [quattroruote.it](http://quattroruote.it).
- [3] “Automobile safety.” Source: [americanhistory.si.edu](http://americanhistory.si.edu).
- [4] T. AA, “The evolution of car safety features,” 14 December 2016. From windscreen wipers to crash tests and pedestrian protection.
- [5] tuv sud, “Test automotive e servizi di conformità.” Source: [tuvsud.com](http://tuvsud.com).
- [6] “Test automobilistici.” Source: [eurolab.com.tr](http://eurolab.com.tr).
- [7] intertek, “Automotive testing services.” Source: [intertek.com/automotive](http://intertek.com/automotive).
- [8] Eurolab, “Test automobilistici.” Source: [eurolab.net](http://eurolab.net).
- [9] “Vehicle testing and road tests for comprehensive testing concepts.” Source: [atesteo.com](http://atesteo.com).
- [10] “Crash test.” Source: Automobile Club d’Italia.
- [11] “How did car safety crash tests originate?,” 2018. Source: [thenewswheel.com](http://thenewswheel.com).
- [12] “Oms | 10 faits sur la sécurité routière dans le monde,” 9 2009. Source: WHO.
- [13] “Injury prevention and control: Motor vehicle safety,” 3 2012. Source: Center for Disease Control and Prevention.
- [14] “American honda safety page,” 9 2011. Source: [Corporate.honda.com](http://Corporate.honda.com).
- [15] “Crashworthiness,” 2016. Source: Wikipedia.
- [16] G. Burzio, “La valutazione della sicurezza dei veicoli: le cinque stelle euro ncap,” 30 Aprile 2018. [autotecnica.org](http://autotecnica.org).
- [17] “Svolgimento dei test,” 2013. Source: [euroncap.com](http://euroncap.com).

- [18] “Gear shift analysis and clutch analysis for manual transmissions.” Source: atesteo.com.
- [19] M. Mackay, “Seat belts and risk compensation,” 1985.

# Elenco delle tabelle

2.1	Caratteristiche banco prova acustica [9]	18
-----	--	----



# Elenco delle figure

1.1	Auto disassemblata [1]	3
2.1	Auto in trasparenza [6]	11
2.2	Test emissioni e gas di scarico [8]	16
2.3	Acoustics roller test bench [9]	19
3.1	Scheda tecnica frenata automatica di emergenza [16]	26
3.2	Simulazione valutazione danni da urto [16]	28
3.3	Diversi livelli di sovrapposizione tra i due veicoli [16]	29
3.4	Crash test frontale una stella [16]	33
3.5	Crash test frontale cinque stelle [16]	33
3.6	Grafico di un crash test [17]	35
4.1	GSA gear shift analysis [18]	38
4.2	Esempio grafico GSA [18]	39
4.3	Software di acquisizione dati GSA [18]	40
4.4	Software di analisi GSA [18]	40
4.5	Clutch activation device (clutch actuator) [18]	41