Politecnico di Torino

Corso di Laurea Magistrale: Ingegneria Meccanica

A.a. 2021/2022

Sessione di Laurea dicembre 2022

Correlazione fisico numerica dei consumi su Eurocargo

Relatore:

Prof. Mauro Velardocchia

Candidato:

Andrea Rocci

Tutor Aziendale:

Ing. Alessandro Cavallero

Ing. Antonio Somma

Sommario

Abstract 5

Capitolo 1 6

Area di lavoro 6

Iveco Group 6

IVECO 7

Capitolo 2 10

Teoria Introduttiva 10

Coast-down 10

Potenza teorica necessaria all'avanzamento 14

Capitolo 3 16

Strumentazione di misura 16

Flussometro AIC 6004 16

Sistema di acquisizione dati da veicolo 18

Capitolo 4 22

Standard di prova 22

Suburbano 23

Urbano 23

Autostradale 24

Door to Door 24

Capitolo 5 25

Veicolo Eurocargo 120E25 25

Dati veicolo 25

Veicolo Eurocargo 75E19 26

Dati veicolo 26

Capitolo 6 27
Analisi Statistica dei consumi reali 27
Suburbano 120E25 27
Urbano 120E25 28
Autostradale120E25 29
Tratte complete 120E25 30
Suburbano 75E19 31
Urbano 75E19 33
Door to Door 75E19 33
Tratte complete 75E19 34
Capitolo 7 36
Software di Simulazione. 36
Dati in Input 36
Capitolo 8 40
Cicli di guida 40
Validazione della velocità 41
Altimetria e Pendenza della strada (Slope) 42
Filtraggio Dati 43
Marcia e velocità in funzione del tempo 48
Capitolo 9 50
Risultati Simulazioni 50
Eurocargo 120E25 50
Urbano 50
Suburbano 51
Autostradale 51
Eurocargo 75E19 54

Suburbano 54
Urbano 55
Door to Door 56
Capitolo 10 58
Banco Dinamometrico 58
Attività svolte 58
Calibrazione del banco 59
Curva di Potenza. 59
Piano quotato 61
Cicli di guida e consumo. 63
Risultati cicli a banco 63
Conclusioni 69
References: 76
Indice delle figure 71
Indice delle tabelle 74

Abstract

Nell'industria odierna, la necessità di ridurre il time to market per riuscire a rimanere competitivi in un mercato in forte evoluzione, ha portato alla necessità di introdurre nuove tecnologie atte a ridurre i tempi di validazione. All'interno dell'area testing, le campagne di consumo hanno sempre richiesto un elevato periodo di tempo nonché la necessità di avere il veicolo completamente funzionante prima di poter ottenere dei risultati statisticamente accettabili. Queste condizioni hanno portato alla necessità di trovare nuovi metodi per stimare, con una determinata accuratezza, dei valori di consumo al fine di ridurre i tempi di validazione e le prove eseguite su strada.

Il lavoro svolto si è concentrato su due distinte configurazioni dell'Eurocargo, la 120E25 e la 75E19, che ad oggi risultano essere le più richieste sul mercato.

Durante l'attività sono stati analizzati i consumi di combustile rilevati da test reali. Al termine dell'analisi sono stati creati dei cicli di guida tramite i valori delle acquisizioni reali che più si avvicinano a quelli medi ottenuti.

I cicli di guida creati sono stati inseriti all'interno di un software di simulazione, interno all'azienda, il quale ha permesso di stimare il consumo di combustibile. L'obbiettivo dell'attività è di identificare i componenti necessari da inserire all'interno del veicolo creato al fine di ottenere un valore di consumo simile a quello reale, andando a identificare le cause dello scarto ottenuto.

Al fine di validare i cicli di guida creati e i valori di consumo ottenuti dalle simulazioni, il veicolo è stato installato su banco dinamometrico per misurare i consumi durante l'esecuzione degli stessi percorsi creati.

Al termine delle prove è stata riscontrata l'importanza dell'utilizzo del banco per riuscire a determinare la bontà dei segnali acquisiti durante le prove reali e dei cicli creati. Una differenza di consumo tra banco e strada nell'ordine di pochi punti percentuale permette di eliminare i cicli di guida tra le variabili del sistema riuscendo a concentrare l'analisi unicamente sulla modellazione all'interno del software.

Capitolo 1

Area di lavoro

Le attività svolte sono state eseguite all'interno dell'area **Testing M&H di Iveco**, nella quale vengono validate le nuove tecnologie che dovranno comparire sui veicoli di nuova produzione. Nell'area Testing M&H di Torino viene testata principalmente la gamma media degli Eurocargo, la quale si interfaccia direttamente con l'area testing di Ulma in Germania nella quale viene testata principalmente la gamma S-way dei veicoli pesanti.

I veicoli all'interno della gamma media vengono classificati con delle specifiche sigle in funzione della portata trasportabile e della potenza del motore installato. (Es: 120E25 è un veicolo con portata di 12 tonnellate e potenza di 250 CV). I principali veicoli utilizzanti durante le attività di validazione e le campagne di consumi sono il 75E19 e il 120E25 in quanto quelli che coprono la maggior fascia di mercato.

Iveco Group

L'**Iveco Group** è una multinazionale nata nel gennaio del 2022 dalla scissione dal gruppo CNH Industrial.

Ad oggi all'interno del gruppo sono presenti differenti aziende:

Iveco : offre una vasta gamma di veicoli commerciali per uso stradale.

Iveco Capital: fornisce una gamma completa di servizi finanziari.

Heuliez: società leader nel mercato della mobilità sostenibile con i suoi autobus di linea elettrici.

Iveco Bus: la quale fornisce una completa gamma di autobus urbani e pullman turistici.

FPT Industrial: azienda leader mondiale nella produzione di propulsori per veicoli industriali e sistemi di propulsione per veicoli su strada, fuoristrada e per applicazioni marine.

Astra: azienda specializzata nello sviluppo di autocarri robusti per estreme condizioni in off-road.

Magirus: azienda partner di fiducia del reparto dei vigili del fuoco in tutto il mondo fornendo veicoli e attrezzature antincendio.

Iveco Defence Vehicle: azienda specializzata in veicoli da combattimento e per il trasporto di truppe.

IVECO

L'**Iveco** (*Industrial Vehicles Corporation*) è un'azienda produttrice di veicoli commerciali che offre una vasta gamma di versioni, la quale viene suddivisa in leggeri, medi e pesanti. L'azienda nasce nel **1975** dall'unione di 5 aziende produttrici di veicoli commerciali: **UNIC** (azienda francese produttrice di veicoli commerciali), **FIAT veicoli commerciali**, **OM** (azienda italiana produttrice di veicoli commerciali e tranviari), **Lancia Veicoli Speciali** e **MARIGUS DEUTZ** (azienda tedesca produttrice di veicoli antincendio). Da gennaio 2022 è entrata ufficialmente a far parte del gruppo Iveco Group dopo la scissione dal gruppo CNH Industrial, il quale nacque dalla fusione del gruppo CNH con Fiat Industrial.

Le attività svolte sono state eseguite nell'area testing dove vengono validati i veicoli della gamma media e pesante. Nell'area di lavoro possiamo trovare due configurazioni principali di veicolo chiamate cabinato e trattore stradale. Il cabinato è un veicolo in grado di trasportare merci autonomamente; sul suo telaio è possibile montare diverse tipologie di allestimento (cassoni, frigo box, betoniere, ecc.) Il trattore stradale è un veicolo, dal passo generalmente corto, adibito esclusivamente al traino di semirimorchi con cui, una volta agganciato, forma particolari complessi veicolari denominati autoarticolati.

Figura1
www.iveco.com/italy/prodotti/pages/nuovo-daily-furgone.aspx

La gamma dei leggeri prevede come unico veicolo il **Daily** con un elevato numero di versioni e diverse tipologie di portata che vanno dalle 3,3t alle 7,2t. Il Daily può essere ritenuto unico nella sua categoria in quanto, a differenza dei suoi diretti competitor, presenta un telaio a longheroni sul quale viene appoggiata la scocca.

Figura2
www.iveco.com/italy/prodotti/pages/camion-eurocargo-iveco.aspx

La gamma dei medi prevede anche essa un singolo veicolo: l'**Eurocago.**

L'Eurocargo, ha una portata che varia da 6,5t a 18t ed è disponibile con differenti motorizzazioni e differenti configurazioni, le quali possono essere prodotte direttamente in fabbrica oppure create da aziende specializzate in funzione del tipo di utilizzo richiesto.

A livello di motorizzazione è possibile trova una 4 cilindri Diesel e un 6 cilindri Diesel. L'offerta dei motori prevede 7 livelli di potenza che vanno da 160 CV fino a 320 CV e un motore CNG che sviluppa 204CV.

Il telaio in acciaio permette di ottenere passi che vanno dai 4.265mm ai 10.175 mm di lunghezza.

A livello di cabina sono disponibili tre versioni che, unite alle differenti caratteristiche precedentemente elencate, portano ad avere oltre 11.000 versioni disponibili di fabbrica.

Figura3 www.iveco.com/italy/prodotti/pages/iveco-sway-diesel.aspx#design-esterni

La gamma dei pesanti prevede il veicolo Iveco **S-WAY**.

S-WAY è un trattore stradale con massa rimorchiabile maggiore di 16t. In gamma è disponibile in versione diesel e metano. I motori diesel sono disponibili in tre differenti categorie coprendo una gamma di potenza che va da 340CV a 530 CV.

Per la versione a metano liquido sono disponibili due configurazioni di motori che permettono di avere una potenza che varia da 270CV a 460CV.

Capitolo 2

Teoria Introduttiva

Durante il susseguirsi del lavoro è sorto necessario affrontare diverse tematiche riguardanti la dinamica veicolare e le performance del propulsore diesel al fine di ottimalizzare i valori ottenuti e di comprendere le principali cause delle differenze riscontrate.

Coast-down

Il Coast-down è uno dei test più frequenti per i veicoli a motore e consiste nel lancio del veicolo da una certa velocità, con il motore disinserito, registrando contemporaneamente, la velocità e la distanza percorsa fino all'arresto dello stesso. Uno degli obbiettivi principali di questo test è valutare i valori delle forze resistenti agenti sul veicolo a determinate velocità e condizioni stradali al fine di riprodurre i consumi di carburante del veicolo su banchi prova o software di simulazione.

Dinamica del veicolo per il Coast-down

Per ottenere le equazioni del moto del veicolo, è necessario adottare alcune ipotesi, nel nostro caso abbiamo creato il sistema dinamico tramite le seguenti assunzioni sul veicolo:

- Massa traslante durante il moto m_t
- Momento d'inerzia equivalente I_{nw}, corrispondente alle ruote non motrici
- Momento d'inerzia equivalente I_{dw}, corrispondente alle ruote motrici e a tutte le parti in rotazione ad esse connesse.

Avendo il motore scollegato, le ruote non sono caricate con momenti pesanti. In queste condizioni può essere assunto un raggio dinamico r_d costante per le ruote del veicolo e uno slittamento al suolo molto ridotto. Ciò significa che nessuna perdita di energia sarà generata dallo scorrimento.

Durante il movimento il veicolo interagisce con l'ambiente e, di conseguenza, si sviluppano delle forze che agiscono su di esso: la forza gravitazionale del veicolo W che induce per reazione le forze Z_1 e Z_2 normali al manto stradale le quali, a loro volta, determinano la resistenza al rotolamento Fr_1 e F_{r2} rispettivamente sulle ruote degli assi anteriore e posteriore. È presente, inoltre, la resistenza dell'aria che genera la forza aerodinamica F_a e la forza motrice F_w che spinge il veicolo.

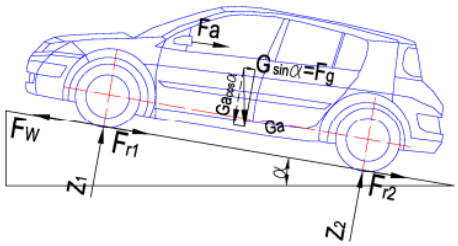


Figura 4: Forze esterne agenti sul veicolo : COAST DOWN TEST – THEORETICAL AND EXPERIMENTAL APPROACH Ion Preda, Dinu Covaciu, Gheorghe Ciolan, Transilvania University of Brasov, Romania

Per ottenere le equazioni del moto si applica il principio di conservazione dell'energia, considerando che la variazione dell'energia meccanica nel tempo è uguale alla potenza disponibile all'avanzamento meno la potenza totale consumata.

$$\frac{dE_{tot}}{dt} = P_W - \sum P_{loss} \tag{1}$$

$$E_{tot} = E_k + E_p = E_{kt} + E_{kr} + E_p \tag{2}$$

L'energia cinetica viene suddivisa in energia traslazionale ed energia rotazionale.

$$E_k = \frac{m_t v^2}{2} + \sum_j^N \frac{I_j \omega_j{}^2}{2} = \frac{m_t v^2}{2} + \frac{I_w \omega_w{}^2}{2} + \frac{I_g \omega_w{}^2 * \tau_g{}^2 \tau_f{}^2}{2} = \frac{m_{ap} v^2}{2} \tag{3}$$

Considerando la velocità angolare delle ruote come $\omega_w = v\, r_d$, è possibile considerare una massa superiore del veicolo chiamata massa apparente m_{ap}.

$$m_{ap} = m_t + \frac{I_w}{r_d{}^2} + \frac{I_g * \tau_g{}^2 \tau_f{}^2}{r_d{}^2} \tag{4}$$

Considerando che l'energia potenziale del veicolo è:

$$E_p = m_t\, g\, h \tag{5}$$

Sapendo che l'altezza $h = s \sin\alpha$, la derivata temporale dell'energia potenziale e cinetica risulterà pari a:

$$\frac{dE_p}{dt} = \frac{d(m_t\, h\, g)}{dt} = m_t\, g\, \frac{ds}{dt} \sin\alpha = m_t\, g\, v \sin\alpha \tag{6}$$

$$\frac{dE_t}{dt} = m_{ap}\, v\, \frac{dv}{dt} + m_t\, g\, \frac{dh}{dt} = m_{ap}\, v\, a + m_t\, g\, v \sin\alpha = P_W - \sum P_{loss} \tag{7}$$

Considerando la a come accelerazione istantanea dall'equazione *(7)* si ricava

$$m_{ap}\, a = \frac{P_W}{v} - \frac{(\sum P_{loss})}{v} - m_t\, g\, v \sin\alpha = F_w - (R_r + R_a) - R_g \tag{8}$$

Avendo il motore scollegato, la F_w diventa negativa a causa della presenza degli attriti prodotti dalla trasmissione e dalla drive line.

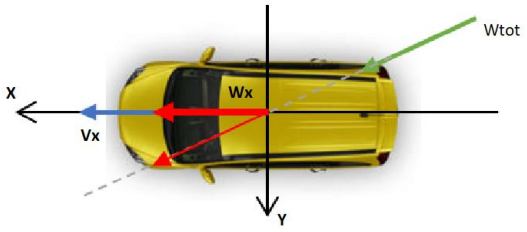
$$-F_w = R_f = M_f / r_d \tag{9}$$

Dove M_f rappresenta la coppia equivalente applicata alle ruote dovuta agli attriti. Inserendo l'equazione *(9)* nell'equazione *(8)* otteniamo:

$$-a = (R_r + R_a + R_f + R_g)/m_{ap} \tag{10}$$

Nell'equazione (10) R_r, R_g, R_a rappresentano la resistenza al rotolamento, la resistenza dovuta alla pendenza stradale e la resistenza aerodinamica.

La formula per calcolare la resistenza aerodinamica non considera solo la velocità v ma anche la componente della velocità del vento w lungo la direzione di avanzamento X.



$$R_a = \frac{1}{2}\, \rho\, c_d A\, (v + w)^2 \tag{11}$$

Dove ρ è la densità dell'aria, c_d è il coefficiente di resistenza aerodinamico e A è l'area frontale del veicolo.

Durante la prova vengono acquisite le condizioni atmosferiche al fine di permettere la correzione della densità dell'aria in funzione della pressione e della temperatura tramite l'equazione (12).

$$\rho = \rho_0 \frac{p}{p_0} \frac{t_{C0} + 273}{t_C + 273} \tag{12}$$

La resistenza al rotolamento e la resistenza dovuta alla pendenza stradale vengono calcolate tramite le equazioni (13), (14).

$$R_g = W \sin\alpha = m_t\, g \sin\alpha \tag{13}$$

$$R_r = Wf \cos\alpha = m_t\, gf\ \cos\alpha \tag{14}$$

Considerando che a moderate velocità la resistenza al rotolamento la si può considerare lineare con la velocità il coefficiente di resistenza f lo si può riscrivere secondo la seguente espressione:

$$f = f_0 + f_1 v \tag{15}$$

Suddividendo il momento equivalente prodotto dagli attriti tra l'assale motrice e quello condotto otteniamo:

$$R_f = \frac{M_{fd}}{r_d} + \frac{M_{fn}}{r_n} = \frac{M_f}{r_w} \tag{16}$$

Misurando la resistenza prodotta dagli attriti è possibile visualizzare un andamento lineare al crescere della velocità ottenendo:

$$R_f = R_{f0} + R_{f1} v \tag{17}$$

Introducendo le precedenti equazioni all'interno dell'equazione (10) è possibile ottenere un'equazione di secondo grado che collega la decelerazione a dei parametri costanti del veicolo durante tutta la prova.

$$-a = C_0 + C_1 v + C_2 v^2 \tag{18}$$

$$C_0 = \left[m_t\, g\, (f_0 \cos\alpha + \sin\alpha) + \frac{1}{2} \rho\, c_d A\, w^2 + R_{f0} \right] / m_{ap}$$

$$C_1 = \left(m_t\ g\ f_1 \cos\alpha + \frac{1}{2}\ \rho\ c_d A\ w + R_{f1} \right) / \ m_{ap} \tag{19}$$

$$C_{2=} \frac{1}{2}\ \rho\ c_d A / m_{ap}$$

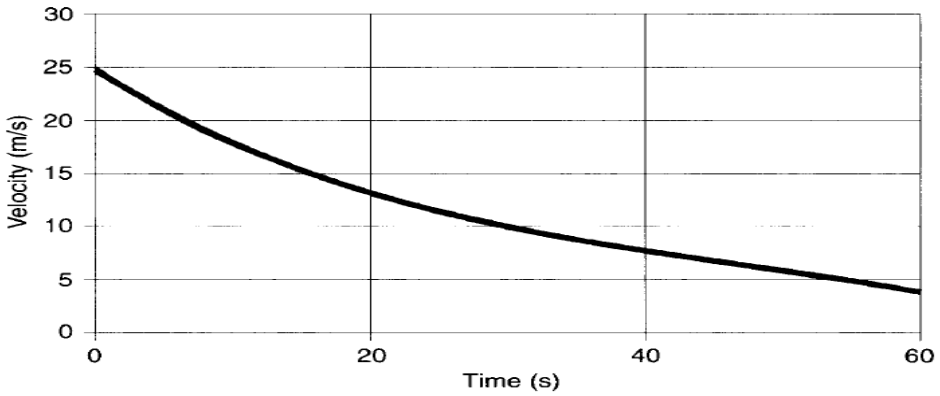


Figura 5 Cost-down Example curve

Prova reale

I valori di Coast-down sono stati utilizzati all'interno del software di simulazione per poter calcolare la forza necessaria all'avanzamento in ogni istante di tempo e sul banco dinamometrico per applicare la corretta coppia resistente ai rulli per simulare le condizioni stradali. Al fine di ottenere i dati reali di Coast Down è stata eseguita la prova sulla pista di Balocco. La prova può essere eseguita con sistemi GPS o sistemi di tipo ottico e consiste nel ripetere, per un minimo di cinque volte, le acquisizioni di spazio e velocità durante la decelerazione del veicolo a motore disinserito. Le acquisizioni ripetute permettono di abbassare l'incertezza di misura.

Potenza teorica necessaria all'avanzamento

Durante le prove a banco dinamometrico è stato necessario applicare un processo di reverse engineering al fine di stimare la pendenza stradale conoscendo la potenza necessaria all'avanzamento. Tale operazione ha permesso di stimare la bontà dei cicli di guida creati; nell'equazione 20 viene mostrato il metodo utilizzato per stimare la potenza teorica necessaria all'avanzamento.

$$P_n = F_n V = (F_0 V + F_1 \mathrm{V} + F_2 V^2 + F_i + F_w) V \qquad (20)$$

F_0, F_1 ed F_2 sono i coefficienti del Coast-down ottenuti dalle prove in pista.

F_i è la forza d'inerzia la quale viene a prodursi tutte le volte che è presente un'accelerazione.

F_w è la forza dovuta alla pendenza stradale.

$$F_i = m_{app}\, a \tag{21}$$

$$m_{app} = m + \frac{J_w}{r^2} + \frac{J_e}{r^2}\, {\tau_g}^2 {\tau_f}^2 \tag{22}$$

$$F_w = \left(\frac{m_t\, Slope\%}{100}\right) g \tag{23}$$

Capitolo 3

Strumentazione di misura

Le attività di misura dei consumi reali hanno necessitato dell'istallazione di una catena di misura che permettesse di acquisire tutti i valori necessari alla corretta stima del consumo e alla creazione dei cicli di guida necessari alla simulazione.

Flussometro AIC 6004

Per le misure del consumo su strada è stato utilizzato un misuratore di portata (Fuel Flow Meter AIC 6004) con un'accuratezza del 1%, una ripetibilità dello 0,2% ed una sensibilità di 1ml.

Tale dispositivo misura il flusso di carburante aspirato dal serbatoio fornendo al driver, tramite apposito display, il consumo cumulato del veicolo durante il ciclo di prova.

Per misurare il flusso di carburante viene utilizzato un pistone volumetrico rotativo con un microprocessore che controlla l'emissione di impulsi; lo strumento è progettato per generare 2000 ppl (impulsi per litro).

Nella seguente immagine viene riportato lo spaccato del misuratore di portata, nel quale è possibile visualizzare la ruota ad impulsi e la pompa di aspirazione dal serbatoio.

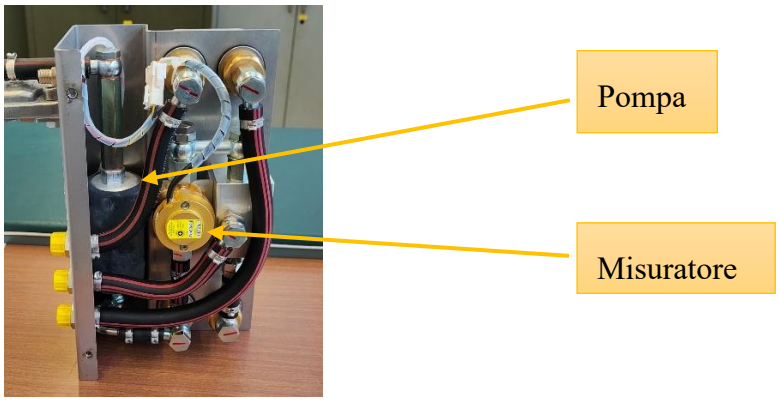


Figura 6 Misuratore AIC

Calibrazione dello strumento

Prima dell'utilizzo su veicolo lo strumento necessita di essere calibrato tramite procedura normata che prevede l'utilizzo di una buretta certificata di 2000ml.

L' operatore riempie la buretta con il combustibile fino a livello, legge e annota il valore che viene mostrato sul display. La ripetizione della prova fornisce l'errore medio di misura dello strumento.

Figura 7 Strumenti per la calibrazione

Figura 8 Procedura di calibrazione

Figura 9 Display misuratore AIC

Istallazione su veicolo

Al termine della procedura di calibrazione il misuratore viene montato sul veicolo e collocato tra il circuito di mandata e di ritorno del combustibile, così facendo è possibile avere la corretta misura della quantità di combustibile consumata in quanto il misuratore tiene conto anche del ritorno di combustibile dal motore.

Nella seguente immagine è riportato uno schema semplificativo dell'impianto.

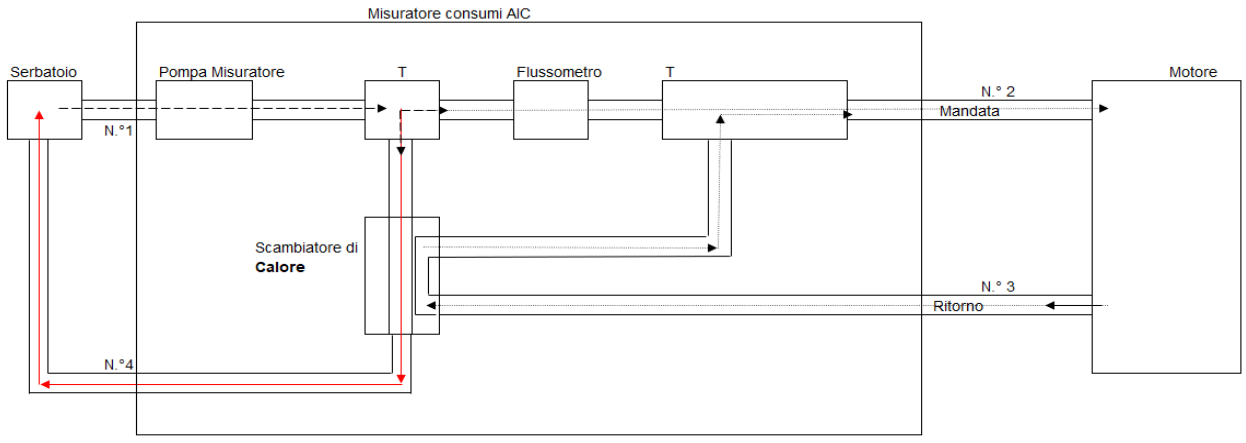


Figura 10 Schema di funzionamento misuratore AIC

Sulla tubazione di mandata del combustibile, dal serbatoio al filtro, è stata inoltre aggiunta una termocoppia per misurare la temperatura del combustibile in ingresso. Tramite l'utilizzo della temperatura fornita dalla termocoppia è possibile convertire il consumo del veicolo misurato in unità di volume in una quantità in massa.

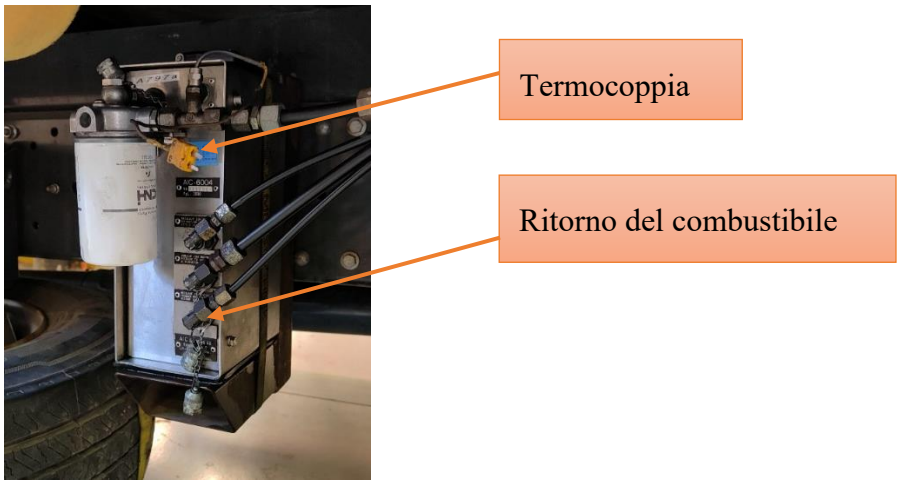


Figura 11 Istallazione del misuratore AIC su veicolo

Sistema di acquisizione dati da veicolo

Per l'acquisizione dei segnali provenienti dai dispositivi installati sul veicolo sono stati montati due sistemi in parallelo al fine di evitare che un eventuale malfunzionamento possa portare all'annullamento della prova acquisita.

Schema del circuito di acquisizione.

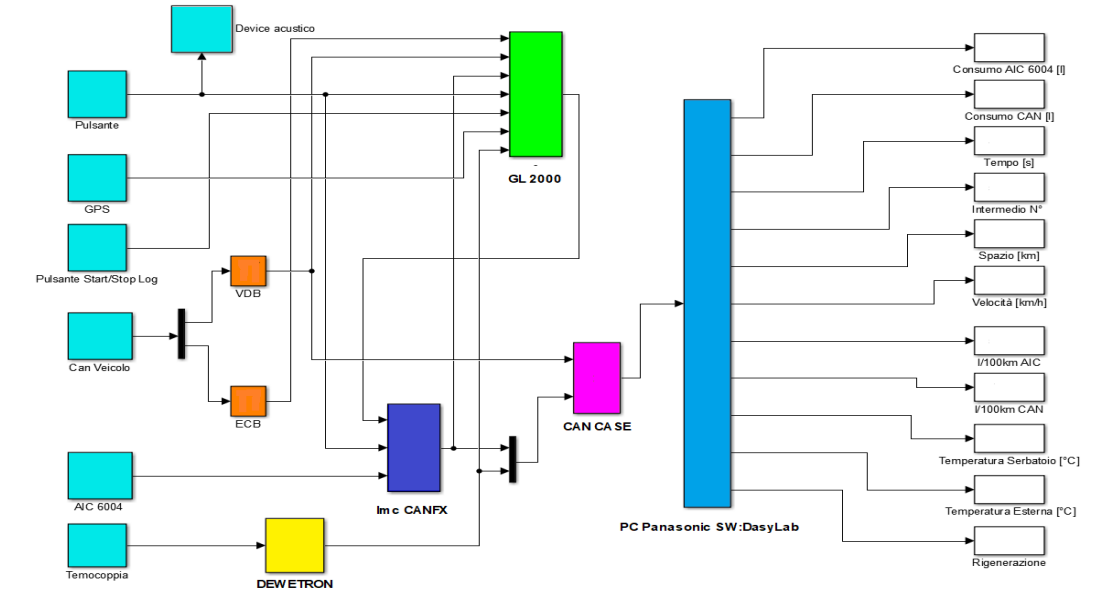


Figura 12 Schema di acquisizione dati

Strumentazione e funzionamento del sistema

Nello schema precedente è possibile visualizzare 7 emettitori di segnali in colore azzurro e 5 dispositivi di acquisizione e conversione dei dati. Le caselle bianche mostrano i valori dei segnali che vengono mostrati direttamente sul display del PC. Nello schema è possibile notare la presenza di due pulsanti per permettere la gestione diretta, da parte del Driver, dell'acquisizione dei dati senza necessità di assistenza da una seconda persona.

Pulsanti

Il primo pulsante viene utilizzato per inviare un segnale analogico nel circuito di acquisizione, il quale permette l'azzeramento del valore di consumo cumulato nonché verrà utilizzato per incrementare il contatore degli intermedi. È presente, inoltre, un dispositivo sonoro sul cablaggio del pulsante che permette di avvisare il driver dell'avvenuta pressione.

Il secondo pulsante viene montato per far partire e terminare l'acquisizione dei dati da parte del GL2000.

Dewetron

Il dispositivo dewetron ha il compito di acquisire il segnale di tensione proveniente dalla temocoppia e di tradurlo in un segnale CAN elaborabile dai SW di acquisizione.

Figura 13 Dewetron

Imc CANFX

L'Imc CANFX è un dispositivo che viene configurato per ricevere tre segnali: un segnale ad impulsi proveniente dal flussometro il quale viene elaborato e trasformato in un valore di consumo leggibile dalla rete CAN, un segnale proveniente dal pulsante che viene utilizzato per incrementare il contatore dell'intermedio e un segnale proveniente dal GL2000 che comunica al contatore di consumo di azzerarsi per l'intermedio successivo.

Figura 14 Imc CanFX

CAN Veicolare

Figura 15 Rete CAN

Durante le prove vengono acquisite due CAN: la **VDB** (rete can veicolare) e l'**ECB** (rete can motore). Entrambe vengono memorizzate nel GL2000 mentre nel CANCase viene acquisita solamente la VDB. Le acquisizioni delle due CAN permettono di ricavare diverse informazioni inerenti al veicolo in prova sia in tempo reale che in un secondo momento tramite l'analisi dei segnali memorizzati dal GL2000.

Per l'elaborazione dei segnali CAN, essendo binari esadecimali, è necessario un apposito data base che permette di trasformare le informazioni dei segnali in un formato leggibile dall'operatore. I data base per la lettura della rete CAN di solito vengono chiamati DBC. Durante il lavoro svolto sono stati utilizzati quattro DBC: uno per la CAN veicolo, uno per il segnale di consumo proveniente dal flussometro, uno per il segnale del GPS ed infine un ultimo per il segnale della termocoppia installata su flussometro.

GPS

Durante la prova è stato montato un GPS su veicolo con lo scopo di acquisire l'altimetria del percorso, la quale verrà utilizzata in un secondo momento per la scrittura dei cicli da caricare nel Software di simulazione.

Figura 16 GPS

Figura 17 Can Case

CAN Case

Il CAN Case è un dispositivo che permettere di trasmettere i messaggi provenienti dalla rete can ad un ingresso USB di un qualsiasi PC.

Nel nostro lavoro è stato utilizzato per trasmettere i segnali al PC Panasonic nel quale è presente il Software DasyLab.

PC Panasonic SW: DasyLab

Il Software DasyLab permette di memorizzare e di mostrare in tempo reale alcuni valori prestabiliti utilizzando i segnali provenienti da rete CAN. Inoltre, quando vede l'incremento del contatore dell'intermedio dovuto alla pressione del pulsante va ad azzerare tutti i valori mostrati e a creare una riga sul file di testo con i valori dell'intermedio appena concluso.

GL2000

Figura 18 GL 2000

Il GL2000 è un dispositivo utilizzato per acquisire e memorizzare i segnali provenienti da rete CAN, è composto da 4 ingressi CAN con in più la possibilità di creare degli ingressi virtuali per altri dispositivi. Nel nostro caso è stata creata una porta digitale per l'acquisizione del segnale GPS.

Il GL2000 viene utilizzato solo per emettere un segnale in uscita verso l'Imc, al fine di azzerare il consumo cumulato misurato nello stesso.

Capitolo 4

Standard di prova

Essendo l'Eurocargo un veicolo molto flessibile, il quale tende ad essere usato in diversi tipi di contesti, necessità di essere testato in diversi tipi di percorsi al fine di identificare il corretto consumo di combustibile.

In funzione della categoria di veicolo sono previsti differenti standard di prova su cui devono essere misurati i consumi e di conseguenza, vengono preferiti differenti cicli di consumo.

Durante il lavoro sono stati utilizzati due veicoli, un 120 e un 75 i quali utilizzano rispettivamente un motore 6 cilindri e un motore 4 cilindri. I veicoli equipaggiati con il 6 cilindri tendono ad essere prevalentemente usati da clienti in tratti a lunga percorrenza a differenza dei motori 4 cilindri che tendono ad essere utilizzati principalmente in tratti urbani.

Questo ha portato alla decisione di escludere il ciclo che simula le consegne nelle aree urbane nel veicolo dotato di 6 cilindri e di escludere il ciclo autostradale nel veicolo dotato di motore 4 cilindri.

	Urbano	Suburbano	Autostradale	Door to Door
120E25				
75E19				

Ciclo non testato

Ciclo testato

Suburbano

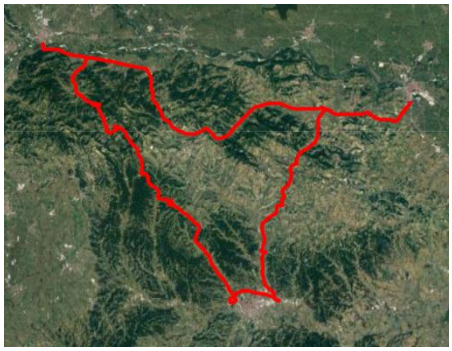


Figura 19 Percorso Suburbano

Il ciclo Suburbano prevede un test del veicolo in un ambiente extracittadino in cui si simula un percorso misto con la presenza anche di un tratto collinare.

La prova è composta da quattro intermedi per una lunghezza complessiva di 152,4 km.

-Intermedio 1: 50,05 km

-Intermedio 2: 15,34 km

-Intermedio 3: 32,84 km

-Intermedio 4: 54,17 km

Urbano

Figura 20 Percorso Urbano

Il ciclo Urbano prevede un test del veicolo in un ambiente cittadino in differenti ore del giorno.

La prova è composta da due intermedi per una lunghezza complessiva di 25,39 km.

-Intermedio 1 (Andata): 17,75 km

-Intermedio 2 (Ritorno): 12,64 km

Autostradale

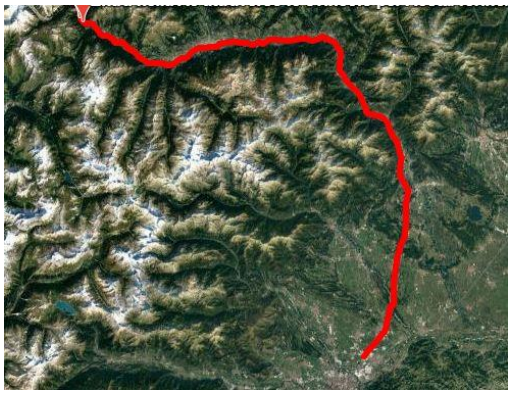


Figura 21 Percorso Autostradale

Il ciclo autostradale prevede un test del veicolo su un percorso in autostrada.

La prova consiste in due acquisizioni di consumo, una di andata e di una per il ritorno, le quali sono composti da sei intermedi ognuna, per un percorso totale di 270,3 km.

-Intermedio 1: 2,36 km

-Intermedio 2: 47,18 km

-Intermedio 3: 45,61 km

-Intermedio 4: 1,46 km

-Intermedio 5: 5,82 km

-Intermedio 6: 32,83 km

Door to Door

Figura 22 Percorso Door to Door

Il ciclo Door to Door prevede di eseguire 8 tratte in un contesto urbano per un totale di 7 fermate durante le quali è necessario spegnere il motore ed attendere un determinato periodo di tempo prima di riavviarlo. Il ciclo è stato creato per andare a testare la variazione di consumo, che si viene a creare ad ogni ripartenza, dovuta alla presenza dei sistemi di post trattamento delle emissioni in quanto tali dispositivi necessitano di lavorare in un corretto range di temperatura.

La lunghezza complessiva del ciclo è di circa 11 km.

Capitolo 5

Come già descritto l'attività si è concentrata su due tipologie di veicoli che tendono a coprire la maggior fascia di mercato e sulla quale si è soliti eseguire le campagne di consumo all'interno del Testing.

Veicolo Eurocargo 120E25

Figura 23 Veicolo 120E25

L'Eurocargo 120E25 è un veicolo con massa totale a pieno carico di 12 tonnellate equipaggiato con un motore a 6 cilindri che sviluppa una potenza massima di 250 CV e una coppia massima di 850 Nm. Tale tipologia di veicolo tende ad essere utilizzata per il trasporto di merce nei tratti extraurbani e autostradali

Dati veicolo

Passo: 4.815m	Motore: NEF 6	Classe di emissioni: VI/E
Cambio: ZF ASTRONIC AS 800 (Automatizzato a 6 marce)	Ponte: Meritor (r.p. 4,11)	Pneumatici: 265/70 R19,5
Sospensioni	Anteriori meccaniche	Posteriori pneumatiche

Tabella 1 Dati veicolo 120E25

Veicolo Eurocargo 75E19

L’Eurocargo 75E190 è un veicolo con massa totale a pieno carico di 7,5 tonnellate equipaggiato con un motore a 4 cilindri che sviluppa una potenza massima di 190 CV e una coppia massima di 720 Nm. Per via delle dimensioni ridotte e del motore di piccola cilindrata tale veicolo tende ad essere utilizzato in un contesto essenzialmente cittadino con alcuni tratti in extraurbano.

Figura 24 Veicolo 75E19

Dati veicolo

Passo: 4.185m	Motore: NEF 4	Classe di emissioni: VI/E
Cambio: ZF EMOS AS700 (Automatizzato a 6 marce)	Ponte: 450617 (rp 3,58)	Pneumatici: 205/75 R17,5
Sospensioni	Anteriori meccaniche	Posteriori pneumatiche

Tabella 2 Dati veicolo 75E19

Capitolo 6

Analisi Statistica dei consumi reali

Al termine delle prove su strada è stato necessario eseguire un'analisi statistica dei risultati al fine di ottenere i valori medi di consumo, sui differenti percorsi, per entrambe le tipologie di veicoli testati. I valori ottenuti verranno utilizzati durante le simulazioni per verificare la bontà dei valori prodotti a calcolo. Tramite l'analisi viene inoltre ricavata la variabilità dei singoli cicli identificando i diversi fattori di influenza.

Suburbano 120E25

Nelle seguenti tabelle viene riportata l'incertezza di misura ottenuta dall'analisi delle singole prove dove si può notare come il primo intermedio abbia maggior peso sulla variabilità del consumo finale.

L'incertezza di misura viene ottenuta utilizzando un livello di probabilità di successo del 97,5% che prevede di calcolare il valore utilizzando la seguente equazione.

$$\delta_x = z\sigma_x = 1{,}96\ \sigma_x \tag{24}$$

Intermedi		Tempo [s]	Velocità media [km/h]	Consumo [l]	Consumo [l/100km]
1	Incertezza (P=97,5%)	±133	±2,3	±0,8	±1,5
2		±99	±6,3	±0,2	±1,0
3		±176	±4,4	±0,4	±1,2
4		±100	±0,8	±0,3	±0,5

Tabella 3 Scarti medi: Analisi statistica percorso Suburbano, veicolo 120E25

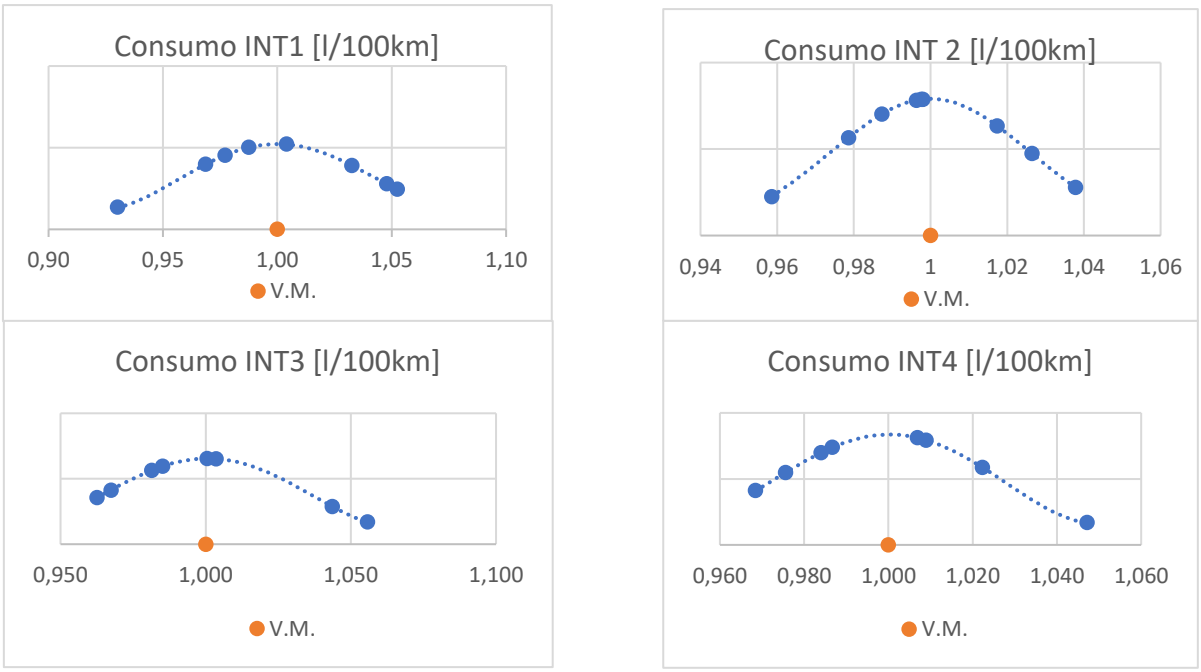


Figura 25 Distribuzione statisstiche : Suburbano 120E25

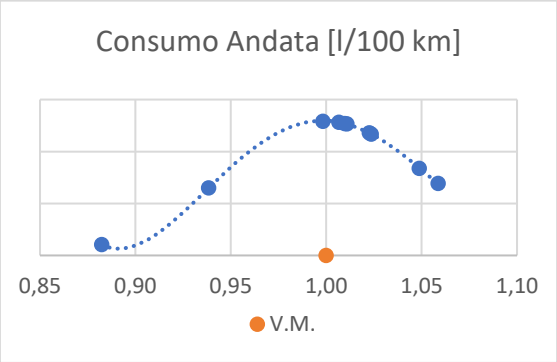
Urbano 120E25

Durante l'esecuzione del percorso urbano è stata rilevata un elevata incertezza rispetto al valore medio. Tale incertezza viene attribuita ad un'elevata aleatorietà dei dati acquisiti, i quali tendono ad essere influenzati da diversi fattori come il traffico e i semafori. Questo ha portato alla necessità di eseguire un maggior numero di prove per riuscire ad abbassare l'incertezza.

Nonostante sia stato aumentato il campione statistico e comunque possibile riscontrare una maggiore incertezza rispetto al ciclo suburbano, portando ad avere un'influenza elevata sul valore medio di consumo e sulla corretta simulazione del ciclo stesso.

Intermedio		Tempo [s]	Velocità media [km/h]	Consumo [l]	Consumo [l/100km]
Andata	Incertezza	±204	±2,6	±0,3	±2,3
Ritorno	(P=97,5%)	±270	±3,8	±0,4	±3,0

Tabella 4 Scarti medi: Analisi statistica percorso Urbano, veicolo 120E25



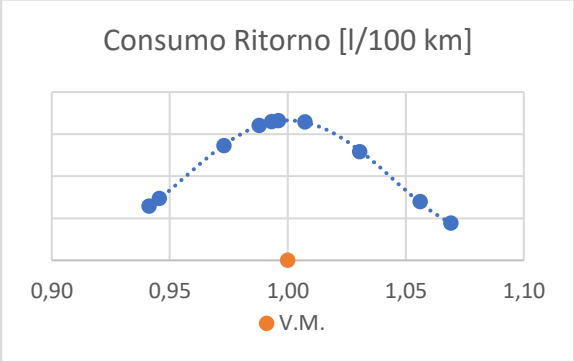


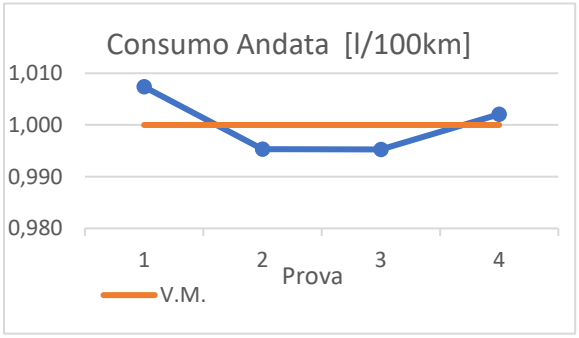
Figura 26 Distribuzione statisstiche : Urbano 120E25

Autostradale120E25

Nel ciclo autostradale non è tato necessario eseguire un elevato numero di prove poiché, come mostrato dai risultati ottenuti, il consumo tende ad essere costante; tale comportamento ha oltretutto facilitato la correlazione con la simulazione numerica.

Intermedio		Tempo [s]	Cons Aic [l]	Velocità media [km/h]	l/100aic [lt/100km]
Andata	Incertezza P=96,7 %	±15	±0,3	±0,6	±0,3
Ritorno		±21	±0,4	±0,6	±0,2

Tabella 5 Scarti medi: Analisi statistica Autostradale 120E25



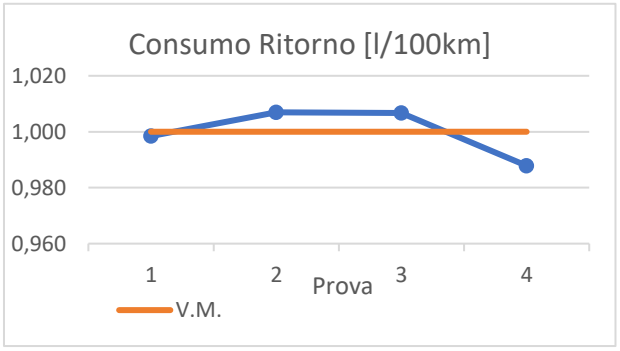


Figura 27 Distribuzione statisstiche : Autostradale 120E25

Tratte complete 120E25

Nella seguente tabella viene riassunta la variabilità di alcuni valori medi ottenuti, riportando i risultati solamente per l'intero ciclo.

	Tempo [s]	Velocità Media [km/h]	Consumo [l]	Consumo [l/100km]	
Urbano	±474	±3,2	±0,7	±2,7	Incertezza P= 97,5%
Suburbano	±510	±2,9	±3,6	±1,2	Incertezza P= 97,5%
Autostradale	±70	±1,2	±1,4	±0,5	Incertezza P= 97,5%

Tabella 6 Scarti medi: Analisi Statistica Percorsi completi 120E25

Si può notare come nel tratto Urbano, nonostante il ciclo venga percorso a basse velocità, la variabilità di consumo ogni 100km sia estremamente maggiore rispetto al ciclo Autostradale. Dove, anche se le velocità sono elevate, si ha una minima presenza di fattori come il traffico o i semafori che possono portare ad un elevata richiesta di coppia in ripartenza, tendendo così ad influenzare il consumo finale.

Suburbano 75E19

Come per il precedente veicolo, sull'Eurocargo 75E19 sono state acquisite diverse prove di consumo sul tratto suburbano al fine di incrementare il campione statistico e l'accuratezza di misura. Durante l'analisi si è potuto riscontrare lo stesso andamento ottenuto per il veicolo dotato di sei cilindri, confermando l'elevata influenza che ha il primo intermedio sul valore finale.

Intermedi		Tempo [s]	Velocità media [km/h]	Consumo [l]	Consumo [l/100km]
1	Incertezza (P=97,5%)	±203	±1,0	±0,8	±1,5
2		±102	±3,5	±0,1	±0,9
3		±141	±3,9	±0,4	±1,1
4		±311	±1,9	±0,5	±1,0

Tabella 7 Scarti medi: Analisi Statistica Suburbano 75E19

Per l'analisi sono stati utilizzati valori di prove eseguite in anni differenti. È stata rilevata un elevata variabilità del consumo dovuta principalmente alla presenza di un diverso driver con un differente stile di guida. Questo ha portato alla necessità di elaborare i dati sui singoli anni dimostrando come l'incertezza di misura tenda a ridursi. È necessario tener presente che i dati ottenuti per i singoli anni sono basati su campioni ridotti.

Sono State eseguite 2 prove nel 2022 e 4 prove nel 2021.

Prove 2022			
Intermedi		Consumo [l]	Consumo [l/100km]
1	Incertezza	±0,4	±0,9
2	(P=97,5%)	±0,10	±0,7
3		±0,4	±1,3
4		±0,010	±0,02

Tabella 8 Scarti medi: Analisi Statistica Suburbano 2022 75E19

Prove 2021			
Intermedi		Consumo [l]	Consumo [l/100km]
1	Incertezza	±0,4	±0,8
2	(P=97,5%)	±0,10	±0,3
3		±0,2	±0,5
4		±0,4	±0,7

Tabella 9 Scarti medi: Analisi Statistica Suburbano 2021 75E19

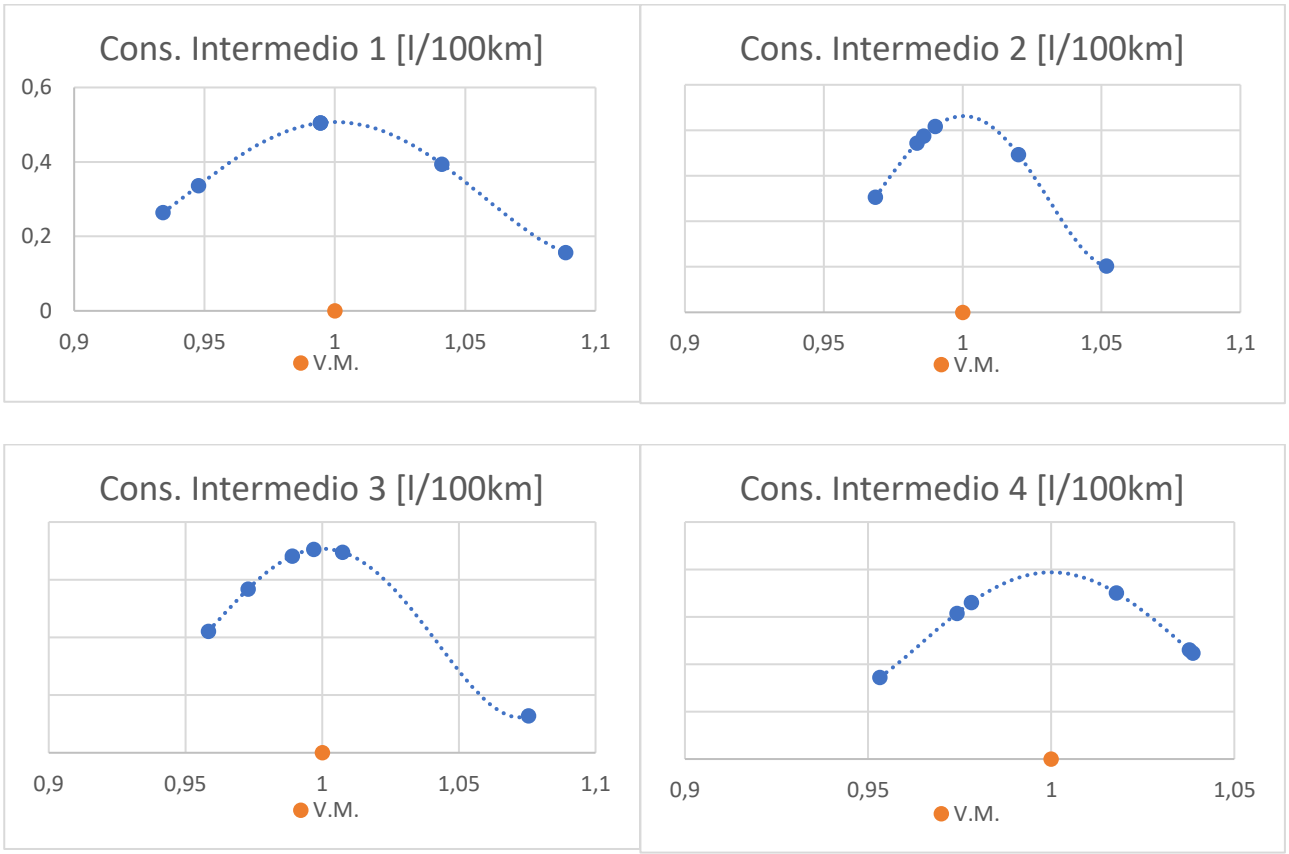


Figura 28 Distribuzione statisstiche : Suburbano 75E19

Urbano 75E19

L'esecuzione del percorso urbano ha richiesto un elevata ripetizione delle prove a causa degli elevati fattori che influenzano il valore finale di consumo. Anche per l'Eurocargo 75E19, sul ciclo urbano, è stata ottenuta un elevata incertezza di consumo, la quale ha portato ad una difficile esecuzione dello stesso durante la simulazione numerica.

Intermedio		Tempo [s]	Velocità media [km/h]	Consumo [l]	Consumo [l/100km]
Andata	Incertezza (P=97,5%)	±296	±3,8	±0,3	±2,5
Ritorno		±282	±3,10	±0,3	±2,5

Tabella 10 Scarti medi: Analisi Statistica Urbano 75E19

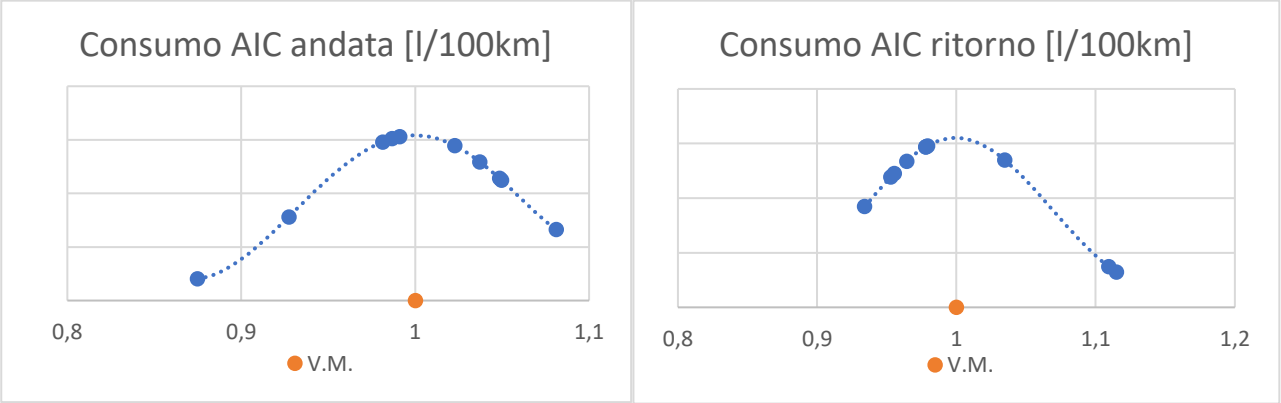


Figura 29 Distribuzione statisstiche : Urbano 75E19

Door to Door 75E19

La stima di un valore di consumo medio per il door to door risulta essere piuttosto complicata a causa dell'elevata presenza di fermate che prevedono l'arresto del motore per un determinato periodo di tempo.

È necessario ricordare che: se il sistema di post trattamento delle emissioni, presente sullo scarico, non riesce a raggiungere un determinato regime termico, non lavorerà con un elevata efficienza. Al fine di riportare l'efficienza del sistema al valore desiderato, la centralina tenderà ad attuare tutta una serie di procedure, le quali possono influenzare il consumo di combustibile.

L’influenza sul consumo viene dimostrata in quanto, nonostante durante l’esecuzione del ciclo sono stati riscontrati un minor numero di fattori di variabilità rispetto al percorso urbano, l’incertezza sul valore di consumo finale tende ad essere elevata.

	Tempo [s]	Velocità [km/h]	Consumo [l]	Consumo [l/100km]
Incertezza (P=97,5%)	±299	±1,2	±0,2	±2,12

Tabella 11 Scarti medi: Analisi Statistica Door to Door 75E19

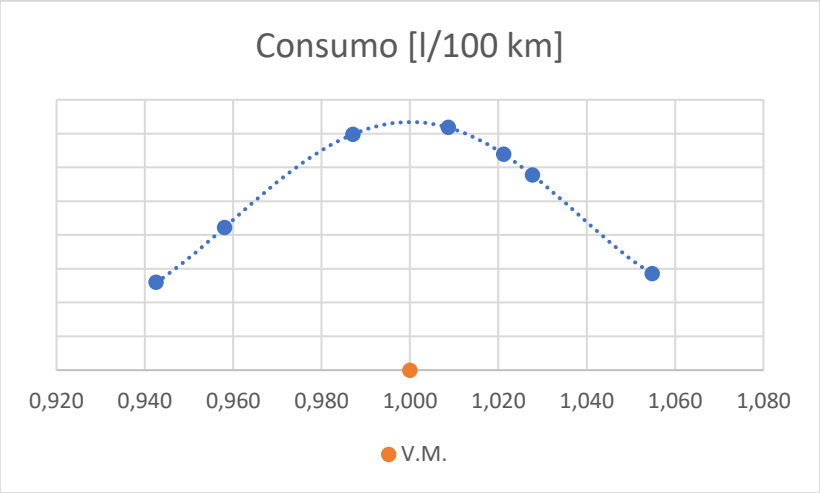


Figura 30 Distribuzione statisstiche : Door to Door 75E19

Tratte complete 75E19

Nella seguente tabella viene riassunta la variabilità di alcuni valori medi ottenuti, riportando i risultati solamente per l’intero ciclo.

Incertezza (P=97,5%)	Tempo [s]	Velocità [km/h]	Consumo [l]	Consumo [l/100km]
Door to Door	±299	±1,2	±0,2	±2,12
Urbano	±452	±5,2	±0,5	±1,9
Suburbano	±673	±1,4	±1,7	±1,10
Suburbano 2022	±175	±1,8	±0,8	±0,5
Suburbano 2021	±222	±1,5	±0,8	±0,5

Tabella 12 Scarti medi: Analisi Statistica Percorsi completi 75E19

Nella tabella 12 vengono riportati un maggior numero di valori del ciclo suburbano dato che il driver che esegue la prova è un importante fattore di variabilità dei risultati finali. Dai risultati si può subito intuire come il ciclo suburbano, nonostante sia il più lungo tra i tre percorsi testati, riesce ad essere il più accurato nello stimare un valore medio di consumo poiché i fattori di aleatorietà vanno a diminuire pesantemente.

Capitolo 7

Software di Simulazione

All'interno dell'azienda vengono utilizzati due Software di misura dei consumi:

- VECTO (Vehicle Energy Consumption Calculation Tool)
- SAFE

Il VECTO è uno strumento normato dalla comunità Europea e viene utilizzato in fase di omologazione per calcolare le emissioni di CO_2, mentre SAFE è un software creato direttamente all'interno del gruppo FCA che viene utilizzato per simulazioni di diverso tipo al fine di ottenere lo stato di diverse variabili, tra cui quelle direttamente collegate al consumo di combustibile.

Per il seguente lavoro è stato utilizzato il software SAFE col quale è stato creato un veicolo virtuale tramite l'utilizzo dei dati reali dei singoli componenti certificati. Il programma è basato sull'interfaccia Matlab Simulink attraverso un forte uso della libreria Simdrive.

All'apertura del programma è stato possibile accedere alle aree dei singoli componenti al fine di inserire i dati necessari alla simulazione.

Dati in Input

Motore

Per la corretta modellazione del motore è necessario inserire tre file:

- *Engine file* nel quale sono inseriti i dati geometrici del motore come cilindrata e sistema di sovralimentazione.
- *Full Load map* nel quale vengono riportati i valori di coppia sviluppata dal motore in funzione della velocità di rotazione, tale mappa viene in seguito utilizzata per calcolare i punti di funzionamento durante il ciclo di guida.
- *Engine map* nel quale è inserito il piano quotato per ricavare il consumo in funzione del punto di lavoro del motore precedentemente calcolato tramite l'interpolazione nel file *full load*.

Veicolo

Per una corretta modellazione è stato necessario inserire i dati geometrici del singolo veicolo. I dati inseriti permettono di ricavare: i valori di Coast-down necessari alla corretta stima delle forze resistenti dovute alla geometria del veicolo e le forze dovute al profilo stradale.

Dati necessari:

- Massa del veicolo
- Dimensione dell'area frontale.
- Coefficiente di resistenza aerodinamico
- Passo del veicolo
- Tipo di trazione
- Altezza del baricentro
- Distribuzione del peso sui singoli assali
- Dimensione e tipo di pneumatico (Dati normati da costruttore)

All'interno del software è presente anche la possibilità di inserire direttamente i valori di Coast-down ottenuti tramite test reali in pista; questo permette di omettere alcuni dei dati precedentemente elencati come l'area frontale, nonché di incrementare la bontà dei risultati ottenuti.

La scelta dell'utilizzo dei valori ricavati da calcolo rispetto a quelli reali viene fatta in fase di compilazione del *Lancio della simulazione*. Solitamente si preferisce utilizzare i valori di Cost-down reali in quanto il Software di calcolo difficilmente riesce ad ottenere valori allineati con la realtà.

Cambio

Per la modellazione del cambio vengono inseriti due file:

- *Gearbox ratio* nel quale sono contenuti i valori dei rapporti di trasmissione, la loro efficienza e la massima coppia trasmissibile.
- *Gearbox map* nel quale, ipotizzando una temperatura costante di 80°C, sono riportati i valori di efficienza del cambio per ogni marcia in funzione di coppia e velocità di rotazione.

Come per il Coast-down in fase di *Lancio della simulazione* è possibile selezionare i parametri del cambio decidendo se utilizzare l'efficienza costante ricavata dai dati di input oppure calcolarla dalla mappa presente nel G*earbox map.*

Oltre alla scelta di utilizzare i valori di efficienza ricavati dal *gear box map* e stato deciso di lanciare le simulazioni con il veicolo che ha già superato la fase di warm-up. Tale ipotesi è stata assunta in quanto prima di iniziare le prove reali si è previsto un periodo di tempo affinché si possa portare tutti i componenti della drive line nel corretto range di temperatura.

Ponte

Nella sezione riguardante il ponte di trazione posteriore è presente la possibilità di utilizzare un valore di efficienza costante ricavato da un file denominato *Axle ratio,* oppure ricavarla da un'apposita mappa, a temperatura costante di 80°C, presente nel file *Axle map* tramite i valori di coppia e del numero di giri applicati.

Durante la simulazione è stato deciso di utilizzare i valori provenienti dalla mappa. Non avendo a disposizione una mappa reale del tipo di ponte installato sui veicoli, è stato deciso di crearne una artificiale ipotizzando un'efficienza costante di 0,97.

Ruote e Pneumatici

Nel Software è presente una libreria di ruote già normate dal costruttore tra le quali scegliere. Una volta selezionata la tipologia è stato necessario andare ad inserire manualmente il numero totale di ruote del veicolo e il numero di quelle motrici.

Ausiliari

All'interno del software vi è la possibilità di modellizzare i differenti tipi di ausiliari presenti sul veicolo nonché i vari carichi elettrici. Nel caso non fossero disponibili i dati dei componenti certificati e possibile andare ad inserire direttamente dei valori di assorbimento di potenza costante durante tutto il ciclo. Gli assorbimenti di potenza tendono a variare in funzione del ciclo eseguito e sono imposti da precedenti analisi statistiche.

Durante il lavoro svolto la mancanza dei dati necessari alla corretta modellazione dei singoli componenti, ci ha portato alla necessità di imporre un assorbimento di potenza costante andando a creare, anche se in minima parte, un errore sul consumo finale.

WHTC

Lavorando con veicoli commerciali il processo di omologazione prevede il test del motore su un due cicli, un ciclo stazionario WHSC e un ciclo transitorio WHTC in quanto la presenza dei nuovi sistemi di scarico porta ad un maggior consumo di combustibile rispetto ai valori ipotizzati.

L’aumento del consumo durante i transitori, all’interno del software, è possibile considerarlo andando a moltiplicare il valore di consumo ottenuto per un coefficiente correttivo (CF).

Il coefficiente correttivo CF non ha un valore univoco ma varia in funzione del tipo di percorso che si sta eseguendo in quanto varia il carico motore richiesto.

Nella seguente tabella viene mostrato come vengono calcolati i coefficienti correttivi del WHTC per i 4 corrispettivi possibili percorsi.

Long haul CF =	(11% CF_{Urban} + 89% $CF_{Motorway}$)*Cold/hot balance*CF_{RegPer}
Regional CF =	(17% CF_{Urban} + 30% CF_{Rural} + 53% $CF_{Motorway}$)*Cold/hot balance*CF_{RegPer}
Urban delivery CF =	(69% CF_{Urban} + 27% CF_{Rural} + 4% $CF_{Motorway}$)*Cold/hot balance*CF_{RegPer}
Municipality CF =	(98% CF_{Urban} + 2% $CF_{Motorway}$)*Cold/hot balance*CF_{RegPer}

Tabella 13 Whtc correction Factor

Capitolo 8

Cicli di guida

All'interno del software SAFE è possibile eseguire diversi tipi di simulazioni su diversi cicli di guida. Tra i cicli eseguibili possono esserci cicli in funzione dello spazio, nei quali si cerca di portare il veicolo alla velocità desiderata per ogni incremento del valore di spazio e cicli in funzione del tempo, nei quali viene imposto il valore di velocità, marcia e pendenza stradale.

Durante il lavoro svolto si è deciso di utilizzare i cicli in funzione del tempo in quanto i valori di consumo ottenuti risultano essere più accurarti e il percorso eseguito dal veicolo più vicino al ciclo reale.

Per una corretta correlazione con la realtà si è partiti dalla creazione dei cicli di guida utilizzando i valori acquisiti dalla catena di misura precedentemente descritta nel capitolo 3. Al termine dei rilevamenti su strada, tramite un'analisi statistica delle singole prove effettuate, è stata identificata la prova migliore, in termini di consumo, rispetto al valore medio. È stato inoltre necessario verificare che la prova selezionata riportasse i corretti valori dei segnali necessari alla creazione del ciclo.

Identificata l'acquisizione migliore per ogni ciclo si è lavorato sui singoli valori dei segnali, in quanto conoscendo la frequenza di campionamento di ogni segnale è stato possibile ottenere i valori di marcia, velocita, spazio e altimetria alla frequenza 1 Hz. Il campionamento e stato eseguito tramite l'utilizzo del software Canalyzer, il quale permette di esportare i valori dei segnali provenienti da rete Can ad una medesima frequenza andando ad utilizzare l'interpolazione lineare dove fosse necessario.

Al termine del campionamento è stato necessario calcolare il valore di pendenza stradale e di elaborare i valori dei singoli segnali al fine di ottenere un ciclo riproducibile numericamente.

Validazione della velocità

Per assicurarsi che le velocità acquisite da rete Can fossero corrette, sono state eseguite due prove supplementari nelle quali il veicolo ha percorso tratti a velocità costante.

La prima prova è stata effettuata tramite l'utilizzo di una testa ottica montata sul paraurti anteriore. I risultati ottenuti hanno mostrato un'incertezza di velocità compresa tra ± (0,1÷0,2) km/h, la quale si è mostrata irrilevante ai fini del calcolo del consumo.

La seconda prova è stata eseguita con l'utilizzo del GPS di un VBOX, che possiede un'accuratezza di ±1 km/h e una precisione di 0,03 km/h.

Di seguito vengono riportati i valori delle velocità acquisite durante la prova.

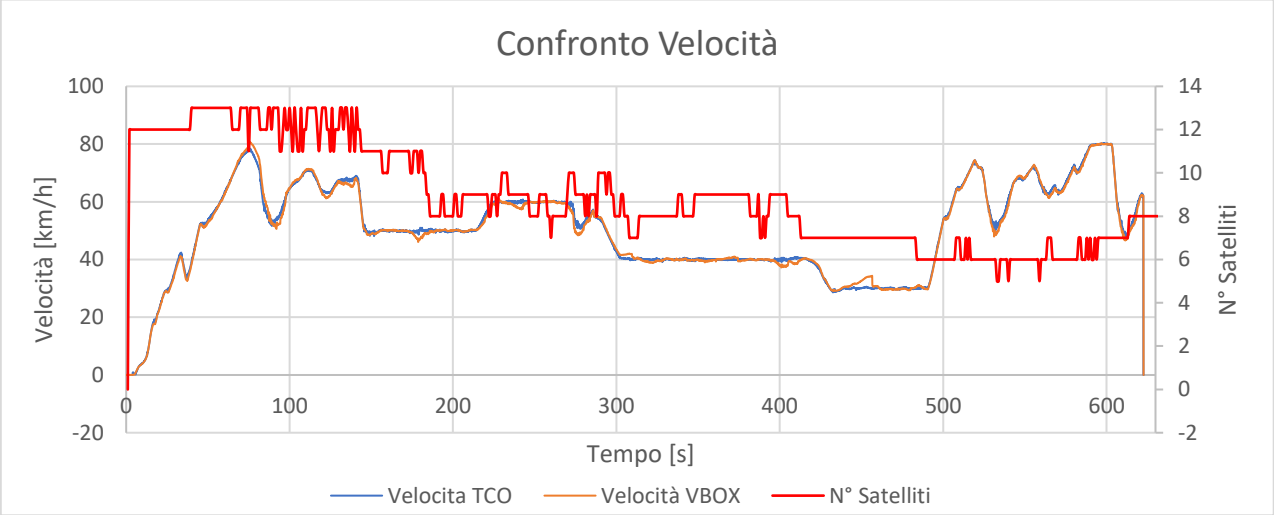


Figura 31 Validazione della velocità acquisita

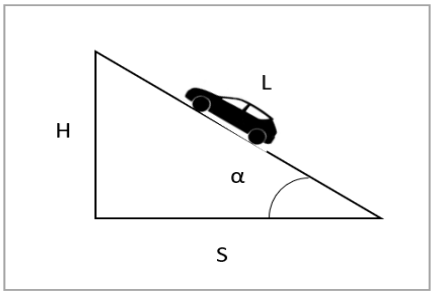
Si può vedere come nei tratti stradali con una maggior copertura satellitare la velocità acquisita da rete Can, tramite il sensore TCO, segua correttamente la velocità del GPS. Inoltre, l'errore mostrato non è sufficientemente alto da non ritenere corretta la velocità acquisita durante le prove di consumo.

Altimetria e Pendenza della strada (Slope)

Per il calcolo dell'inclinazione stradale si è partiti dai valori di altimetria e spazio acquisiti durante una prova su strada.

Sapendo che l'inclinazione della strada viene inserita nel ciclo sotto forma di inclinazione percentuale, ed essendo h il valore di altimetria all'istante di tempo e l il valore di spazio percorso, è stato possibile ricavare l'inclinazione della strada proiettando il valore di spazio sull'orizzontale.

$$Slope\% = \frac{H}{S} \cdot 100 = \tan\alpha \cdot 100 \tag{24}$$



$$H_i = h_i - h_{i-1} \qquad L_i = l_i - l_{i-1} \tag{25}$$

$$\tan\alpha = \tan\left(\sin^{-1}(H/L)\right) \tag{26}$$

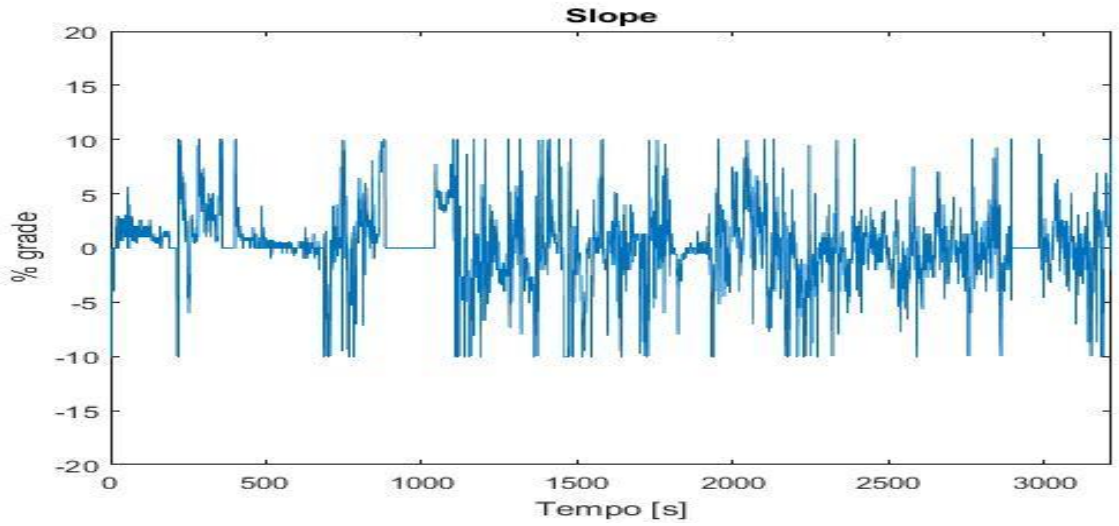


Figura 32 Esempio di pendenza stradale ottenuta a calcolo senza elaborazione del segnale di altimetria

Una volta calcolata l'inclinazione sono state riscontrate un elevato numero di oscillazioni che portano all'impossibilità del veicolo di seguire correttamente il profilo di velocità imposto fornendo dei consumi troppo elevati.

Questo comportamento è stato attribuito alla presenza di un elevato rumore di fondo sul profilo altimetrico che ha richiesto una pulizia del segnale al fine di ottenere un profilo ottimale.

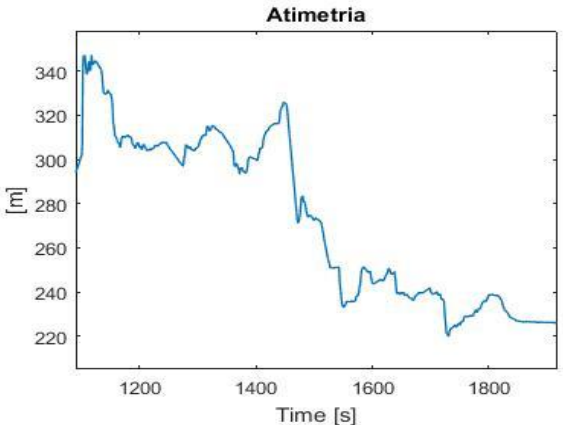


Figura 33 Rumore presentee nel segnale altimetrico

Filtraggio Dati

Per la pulizia del segnale è stato necessario identificare la metodologia corretta al fine di ottenere un profilo reale senza elevate alterazioni.

A tal fine abbiamo utilizzato l'applicazione Signal Analyzer del pacchetto MathWorks che ha permesso di testare diversi tipi di filtri e metodi di pulizia del segnale.

Dopo diversi tentativi e la lettura di report su problematiche affini, è stato scelto di pulire il segnale tramite una Regressione Quadratica Robusta.

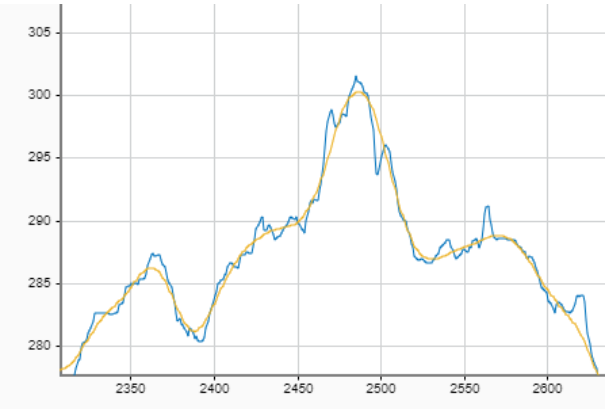


Figura 34 Pulizia del segnale tramite regressione quadratica

La regressione quadratica robusta richiede la configurazione del parametro di filtraggio chiamato Smoothing factor. L'analisi dei segnali di altimetria acquisiti durante i differenti cicli di guida, ha riscontrato come la morfologia del territorio vada direttamente ad influire sul segnale del GPS, portando alla necessità di cambiare il parametro di filtraggio tra le diverse prove.

Di seguito vengono riportati i singoli profili altimetrici una volta eseguita la pulizia del segnale.

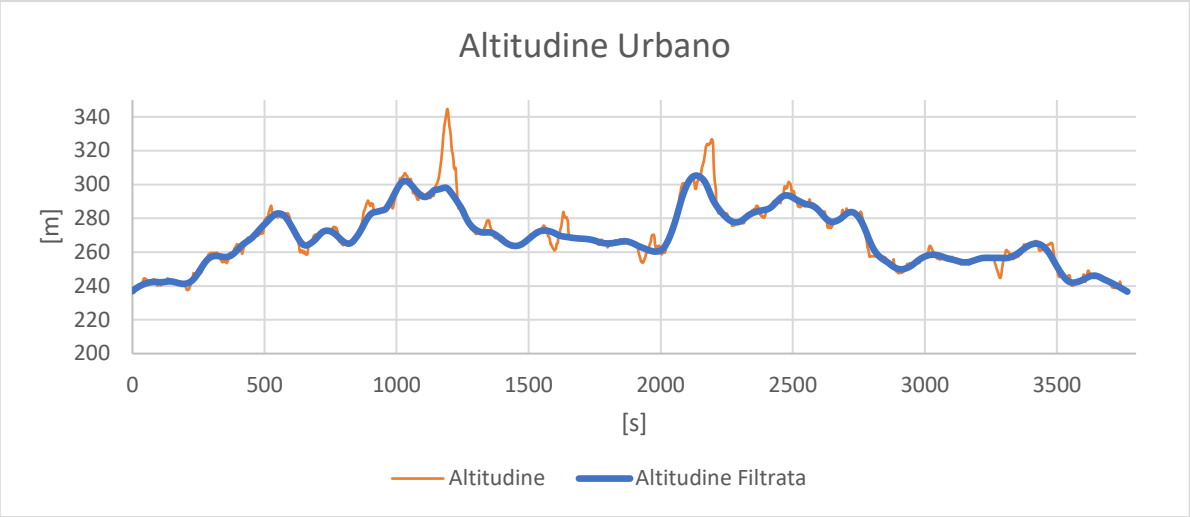


Figura 35 Profilo altimetrico Urbano

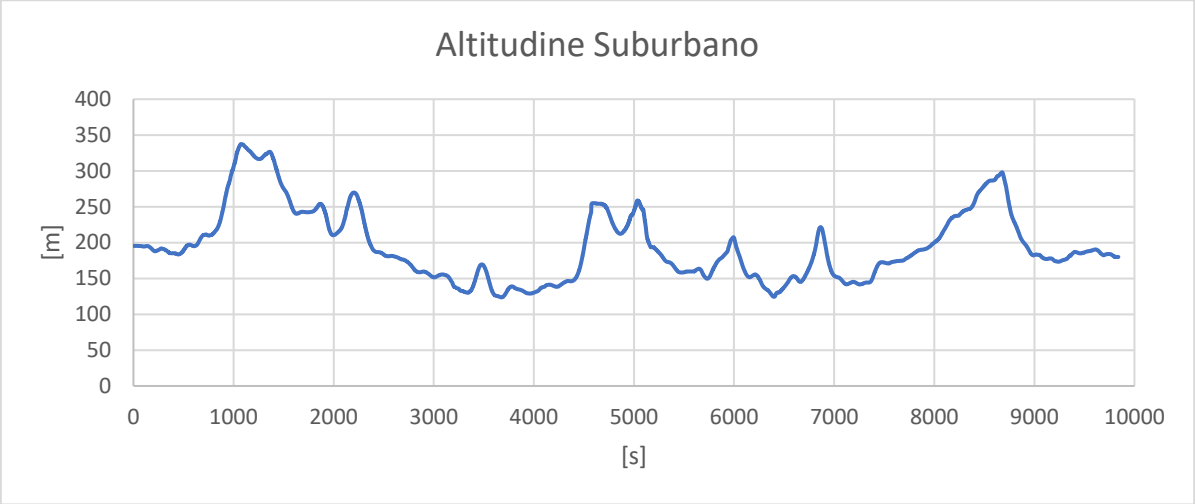


Figura 36 Profilo altimetrico Suburbano

Durante l'analisi del ciclo Autostradale è stato necessario creare due tratte, l'andata e il ritorno, in quanto la lunghezza totale del percorso non permetteva di simularlo completamente in un solo ciclo; è stato inoltre necessario scegliere due fattori di pulizia diversi tra l'andata e il ritorno in quanto l'elevata pendenza della strada e le numerose gallerie nel tratto di andata, hanno richiesto una maggiore pulizia dei dati altimetrici.

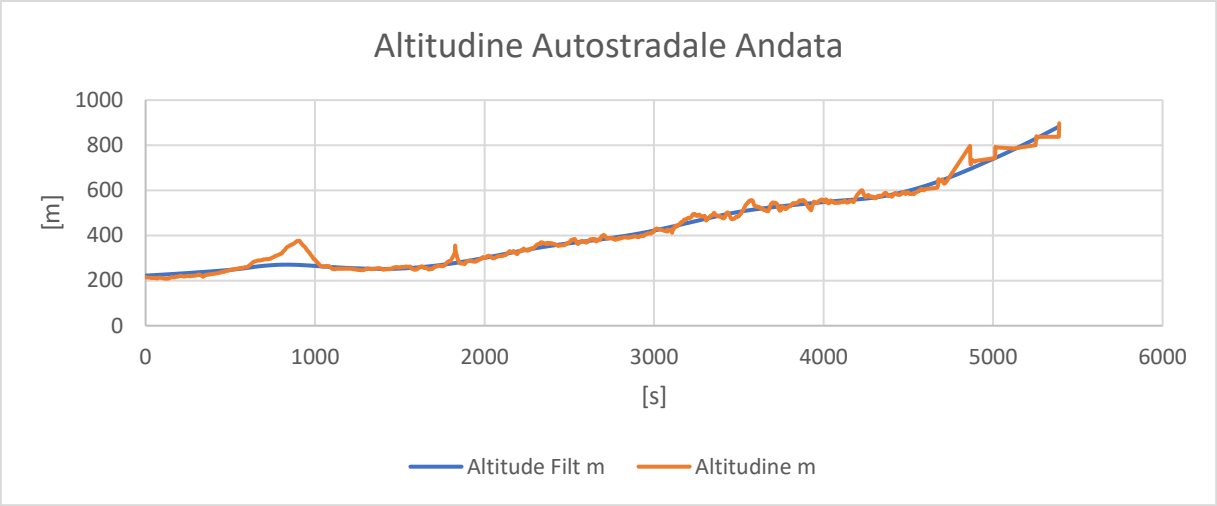


Figura 37 Profilo altimetrico Autostradale Andata

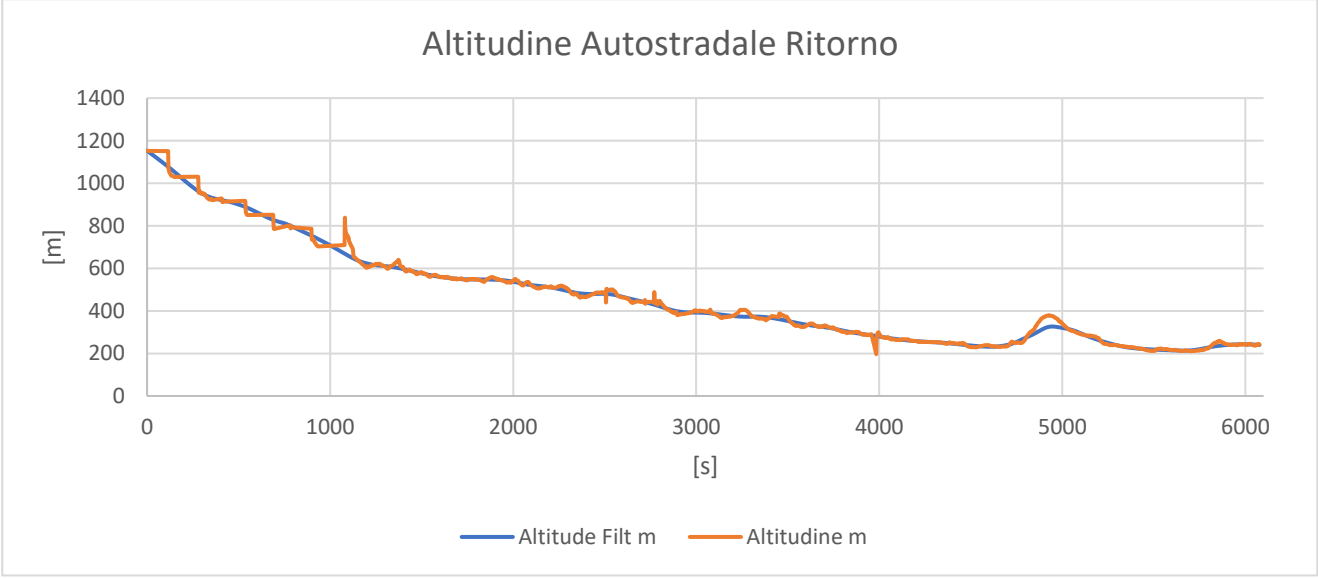


Figura 38 Profilo altimetrico Autostradale Ritorno

Alla pendenza della strada ottenibile tramite l'equazione 3, grazie allo studio delle mappe topografiche della zona, è stata inoltre aggiunta l'ipotesi che i valori di pendenza massima e minima si trovino tra [-10%÷10%] nel percorso suburbano e [-5%÷5%] nel percorso urbano.

Di seguito vengono riportati i valori di pendenza della strada nelle varie tratte.

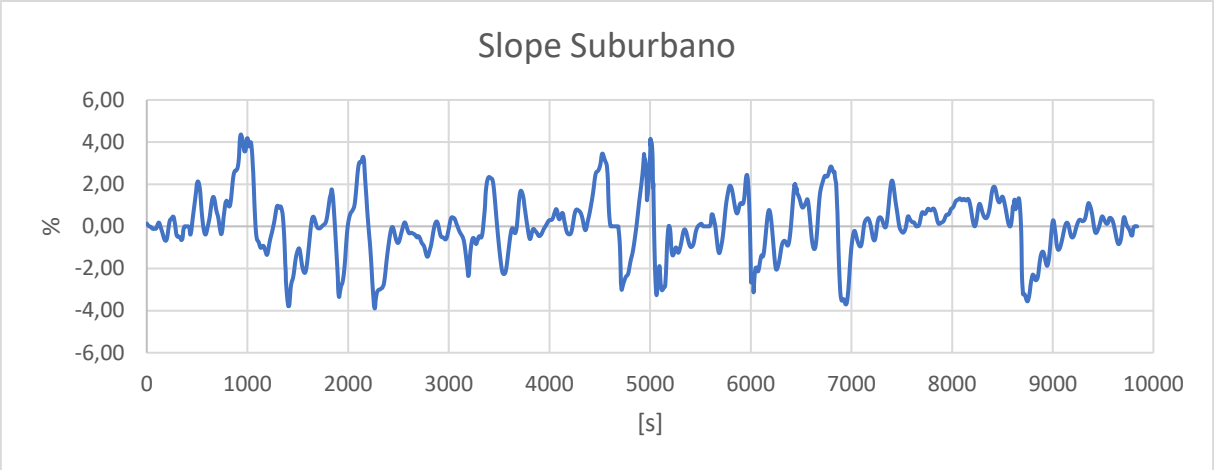


Figura 39 Profilo di Pendenza Suburbano

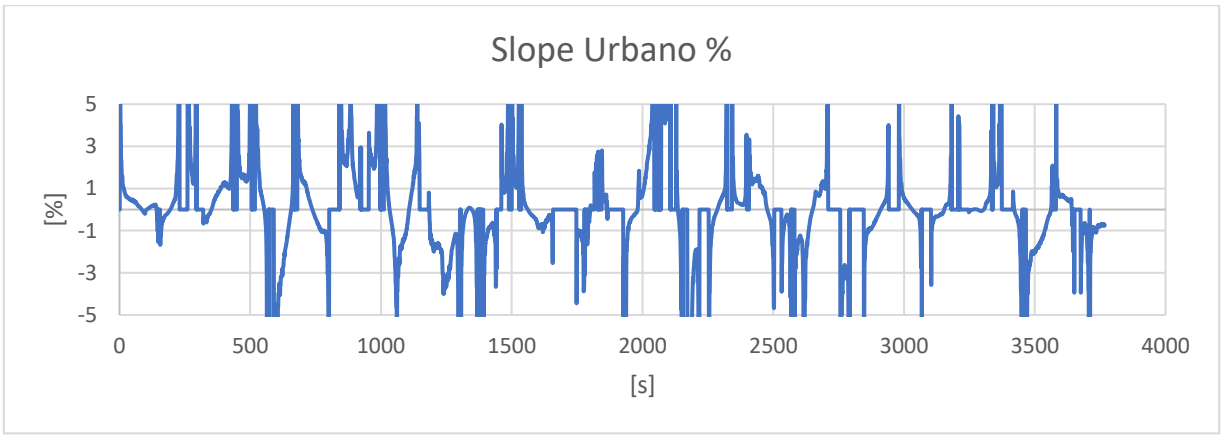


Figura 40 Profilo di Pendenza Urbano

Dai grafici ottenuti si è potuto riscontrare come il percorso urbano sia il più difficile da acquisire in quanto l'elevata presenza di edifici e di interferenze portino ad un'incertezza maggiore sulla veridicità dei dati acquisiti e del valore di pendenza stradale ottenuto.

Nel tratto Autostradale è stato riscontrato un rumore generato al termine del filtraggio, il quale ha richiesto un ulteriore filtraggio dei risultati ottenuti tramite l'utilizzo di un ulteriore filtro.

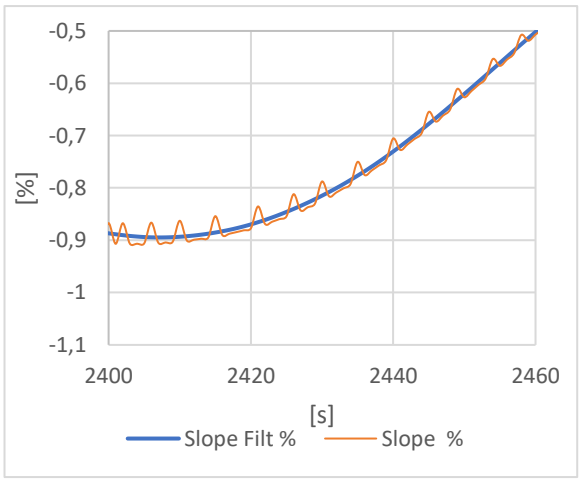


Figura 41 Rumore del segnale di pendenza stradale

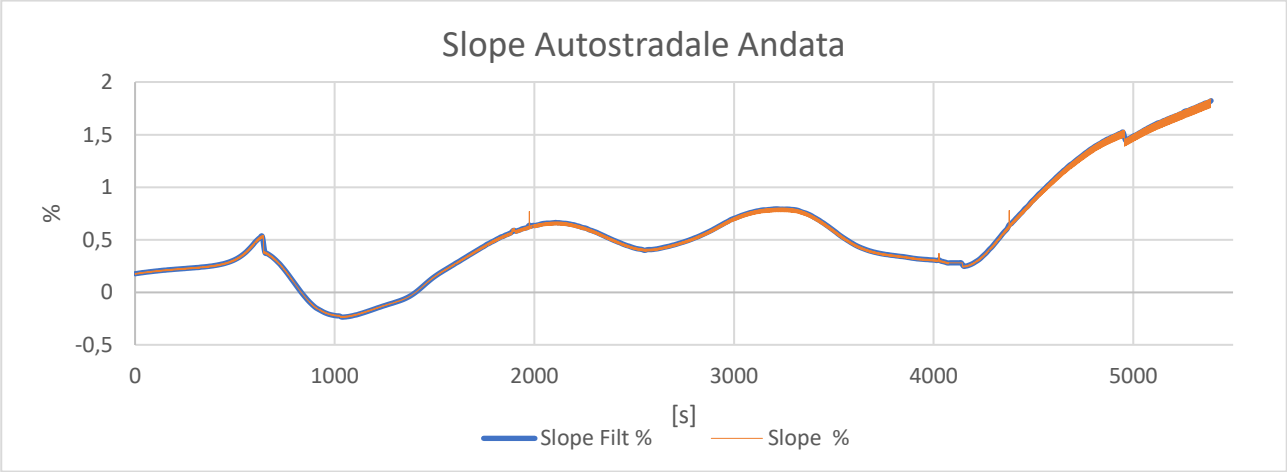


Figura 42 Profili di pendenza Autostradale Andata

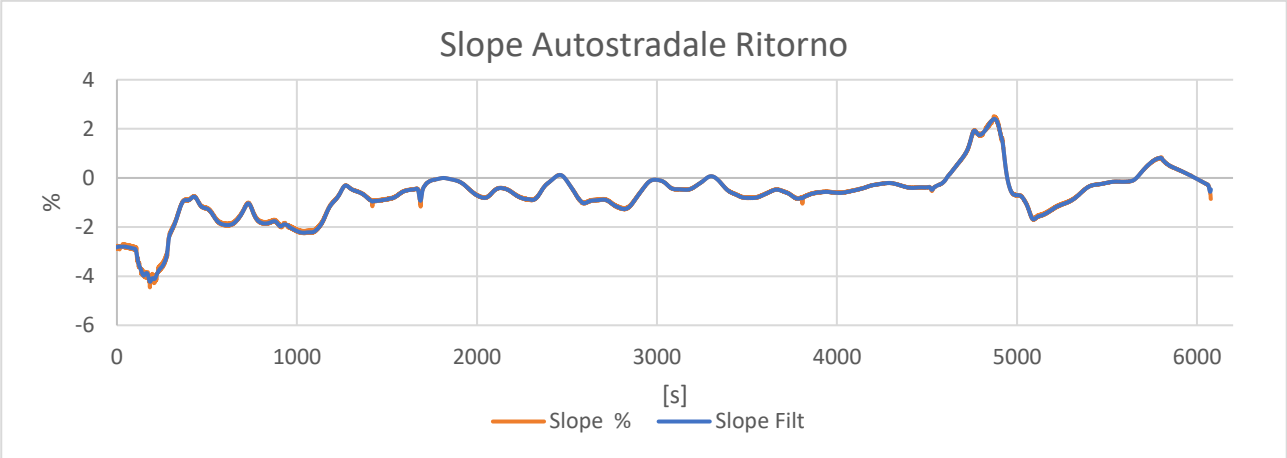


Figura 43 Profili di pendenza Autostradale Andata

Marcia e velocità in funzione del tempo

Durante la simulazione, l'imposizione del corretto profilo di cambio marcia si è rilevato essenziale al fine di ottenere i corretti valori di consumo, in quanto l'inserimento della logica del cambio all'interno del software non permetterebbe una corretta correlazione con la realtà. Nel seguente paragrafo vengono mostrati i profili di velocità e marcia ottenuti dal campionamento dei segnali acquisiti dalla rete Can e che vengono usati durante le simulazioni.

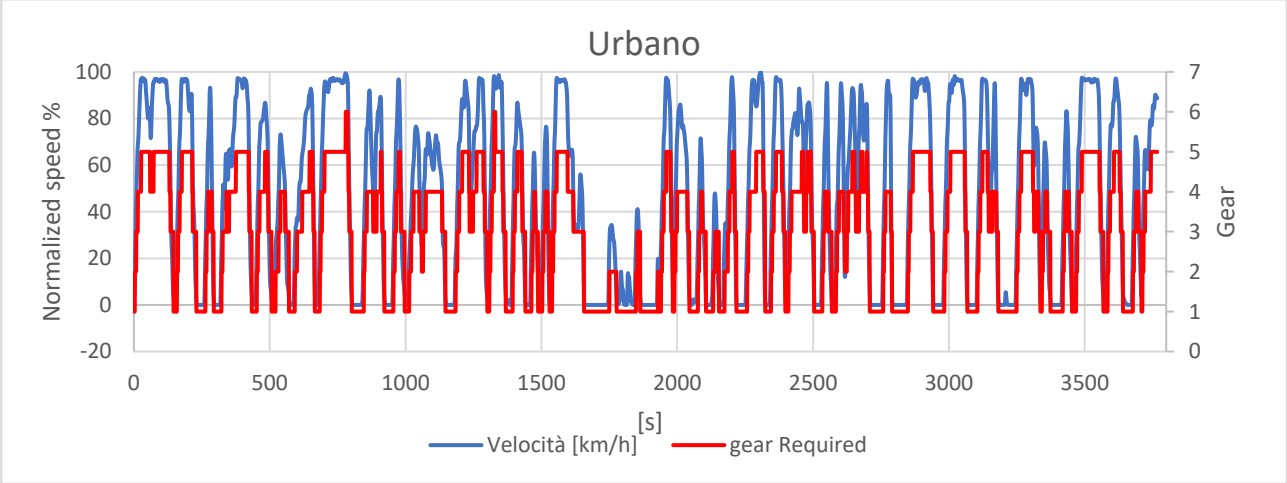


Figura 44 Profilo di Velocità Urbano, normalizzato rispetto al valore massimo

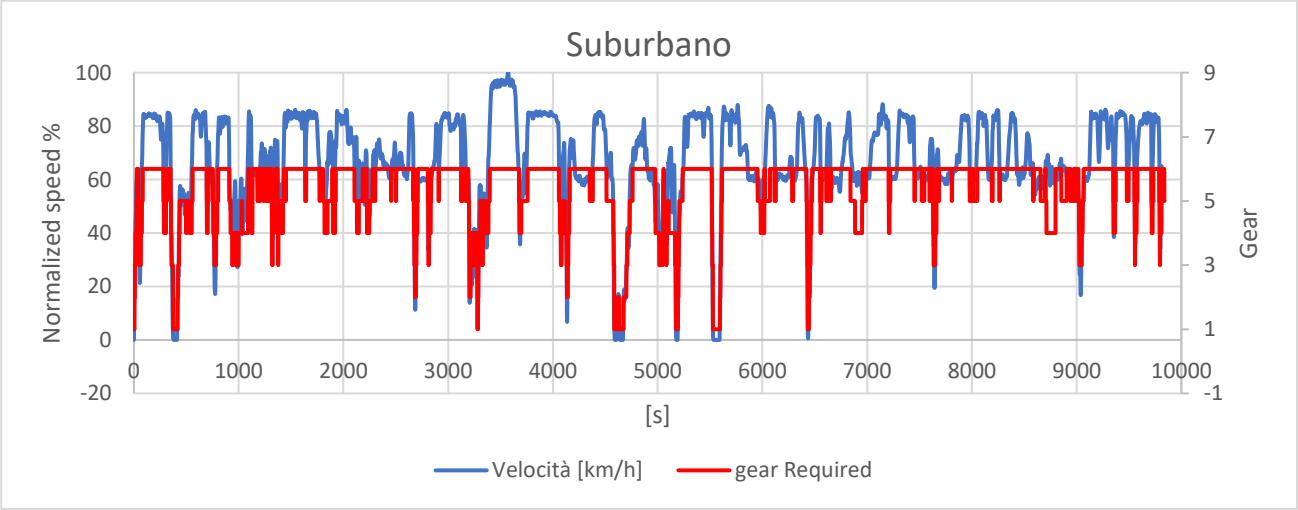


Figura 45 Profilo di Velocità Suburbano, normalizzato rispetto al valore massimo

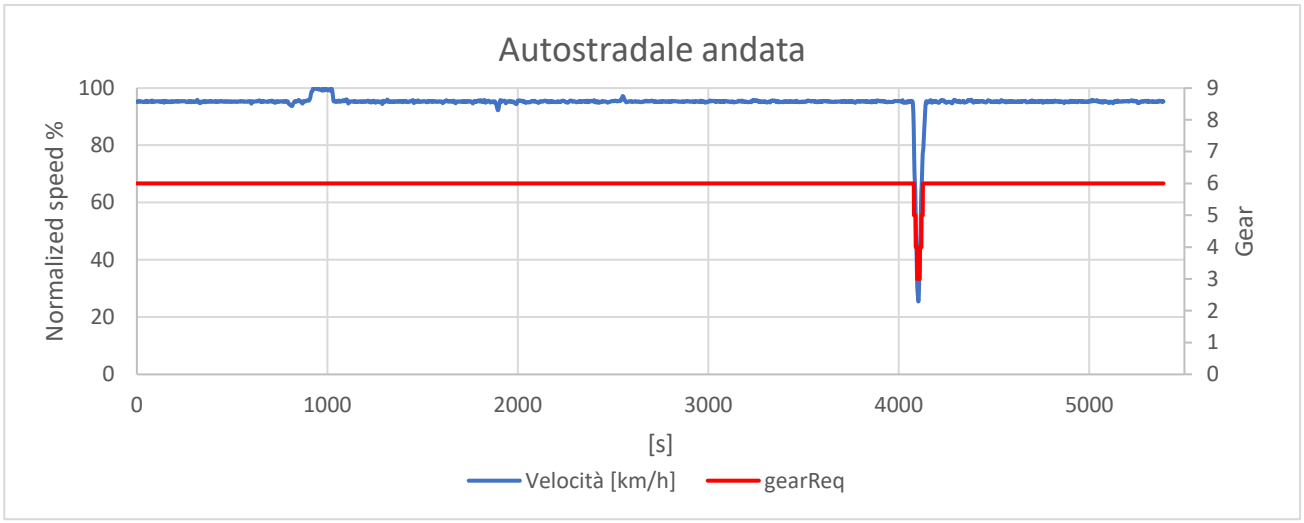


Figura 46 Profilo di Velocità Autostradale Andata, normalizzato rispetto al valore massimo

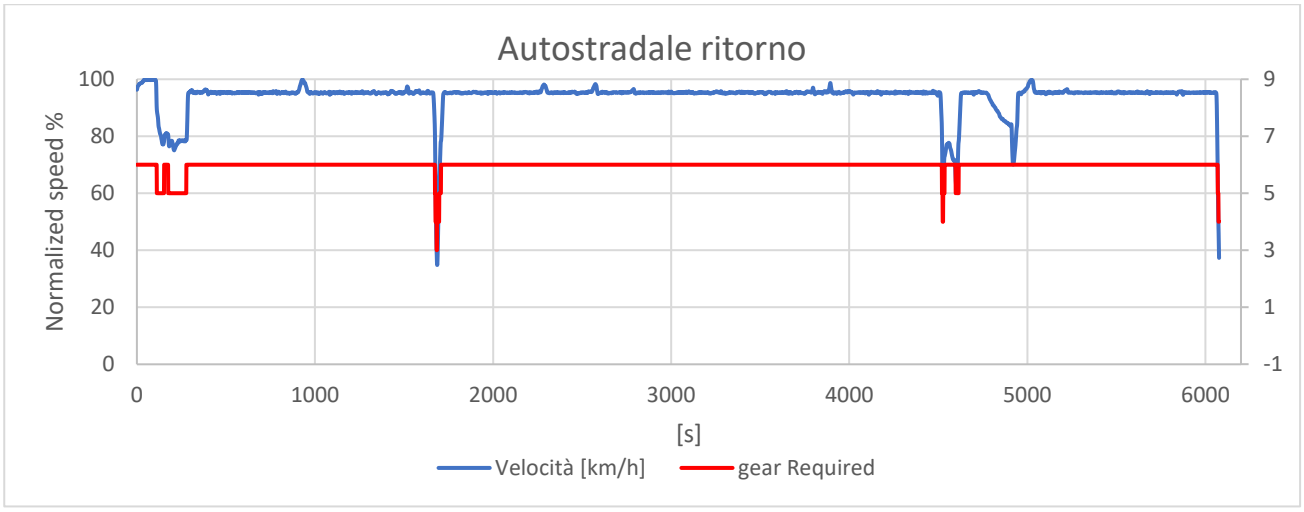


Figura 47 Profilo di Velocità Autostradale Ritorno, normalizzato rispetto al valore massimo

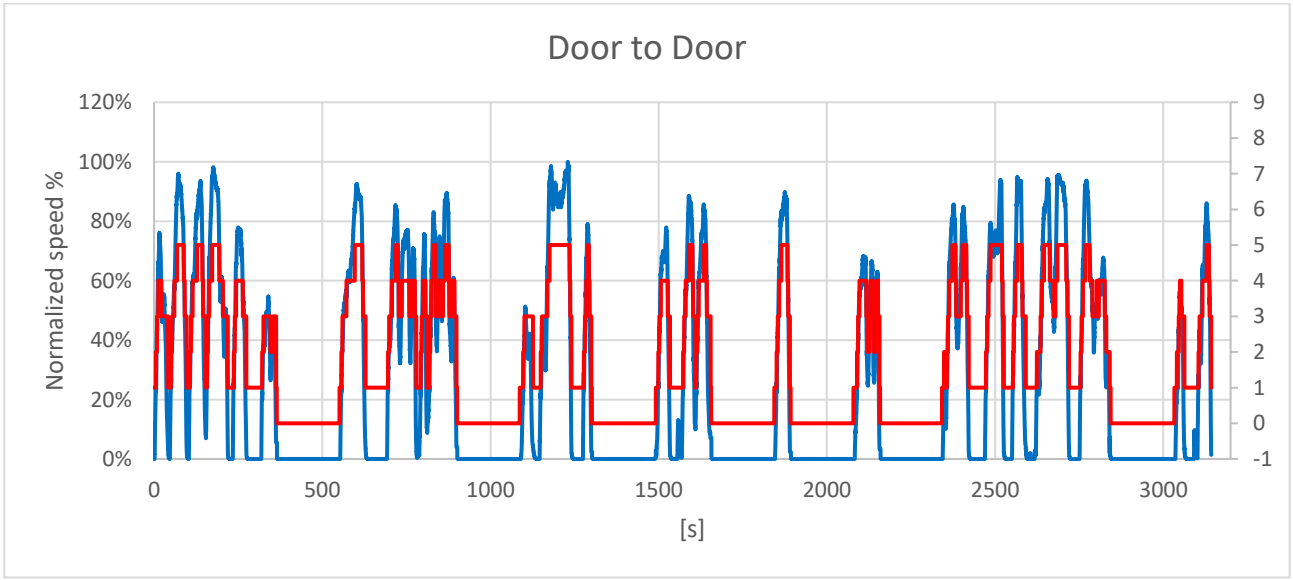


Figura 48 Profilo di Velocità Door to Door, normalizzato rispetto al valore massimo

Capitolo 9

Risultati Simulazioni

Nel seguente capitolo verranno mostrati i risultati ottenuti dal Software SAFE in relazione ai valori acquisiti su strada per i differenti percorsi di prova.

Analizzando i risultati ottenuti dal software SAFE in relazione con i dati ottenuti su strada e tenendo presente che il software non permette di implementare tutte le logiche di controllo dei parametri di funzionamento del motore del veicolo, è emerso che il consumo calcolato dal software è maggiore rispetto a quello ottenuto dai dati reali presi su strada. Anche non riuscendo ad ottenere esattamente gli stessi valori di consumo è stato però possibile, grazie alle opportune calibrazioni, ottenere delle differenze minime che possono essere ritenute costanti.

Nei grafici sottostanti sono stati riportati i dati normalizzati in funzione del valore massimo di consumo cumulato misurato nelle prove reali.

Eurocargo 120E25

Urbano

Come già sottolineato nel capitolo precedente il ciclo Urbano si è mostrato il percorso più complicato da simulare a causa di diversi fattori tra cui: la presenza di edifici che ha influito sul segnale del GPS, e l'elevata presenza di forti decelerazioni.

	l/100km	%
Delta Consumo	+1,622	+5,66

Tabella 14 Delta di consumo tra software e strada, Urbano 120E25

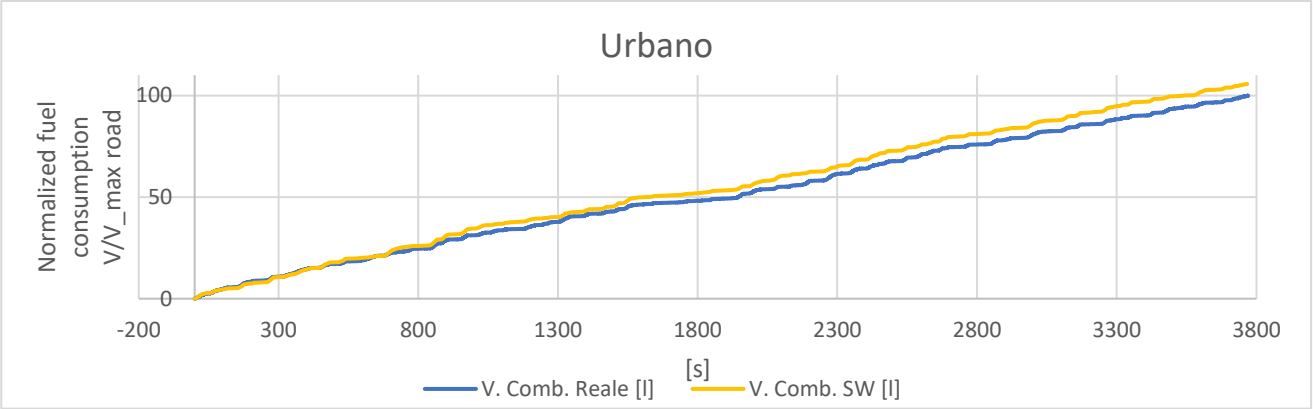


Figura 49 Curve di consumo cumulato, Urbano 120E25

Suburbano

Nel ciclo suburbano il confronto tra valori reali e quelli ideali è più lineare in quanto vengono a mancare tutte le variabili di aleatorietà presenti nel ciclo urbano.

	l/100km	%
Delta consumo	+0,869	+4,72

Tabella 15 Delta di consumo tra software e strada, Suburbano 120E25

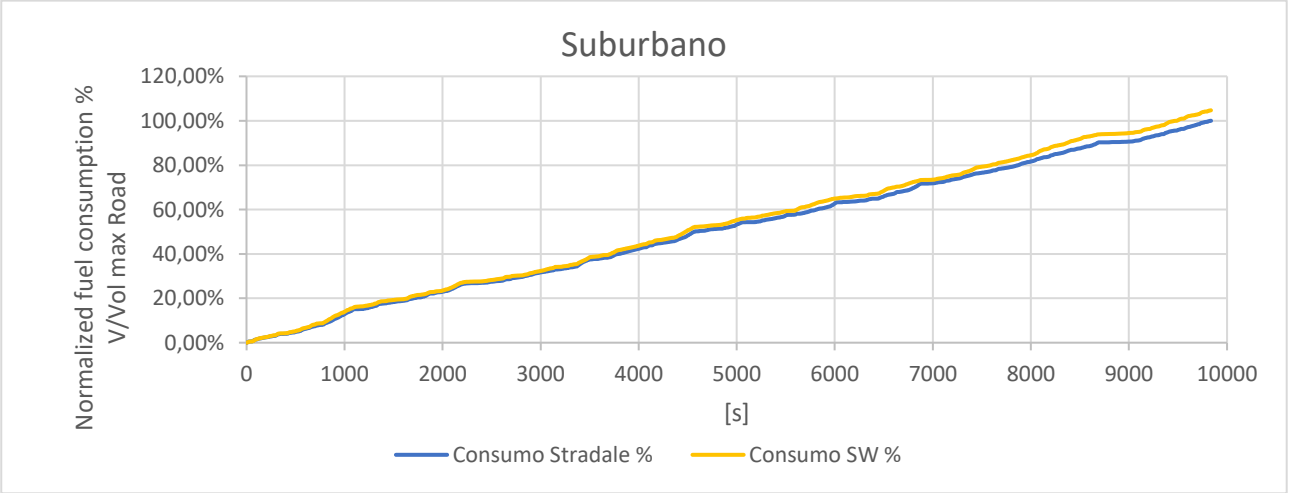


Figura 50 Curve di consumo cumulato, Suburbano 120E25

Autostradale

I due cicli autostradali hanno richiesto delle modifiche dei segnali iniziali per permettere la simulazione del percorso. In entrambi i percorsi (andata e ritorno) è stato necessario eliminare la parte iniziale del ciclo in quanto il software non è in grado di simulare partenze da velocità diverse da zero,

in assenza di tale modifica si ottenevano valori di consumo fortemente influenzati dalle accelerazioni presenti nei primi secondi del ciclo e, di conseguenza, errati.

Inoltre, nel ciclo di andata è stato necessario tagliare gli ultimi secondi del ciclo a causa della presenza di: un'elevata pendenza, una galleria dove il segnale GPS era alterato e di una forte decelerazione.

Di seguito vengono riportati i due profili di velocità prima della modifica necessaria ai fini del calcolo dei consumi.

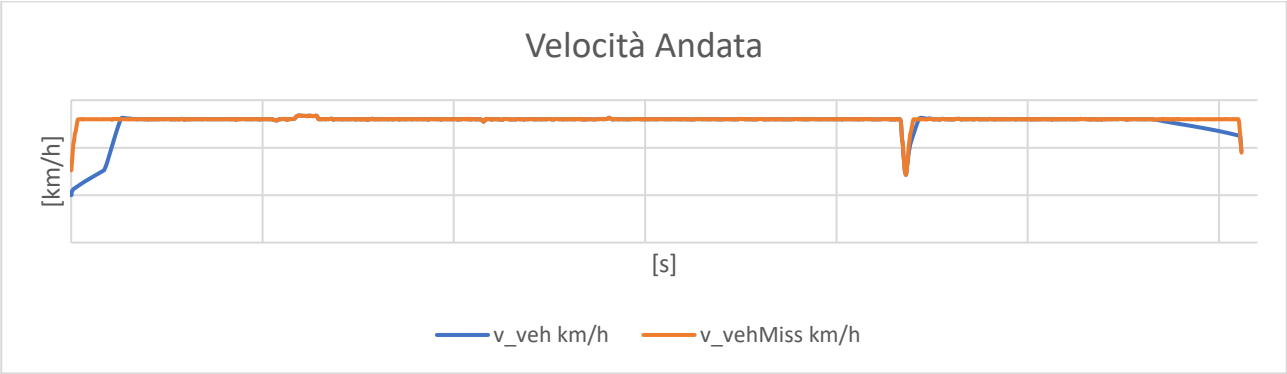


Figura 51 Profilo Velocità Autostradale Andata non tagliato 120E25

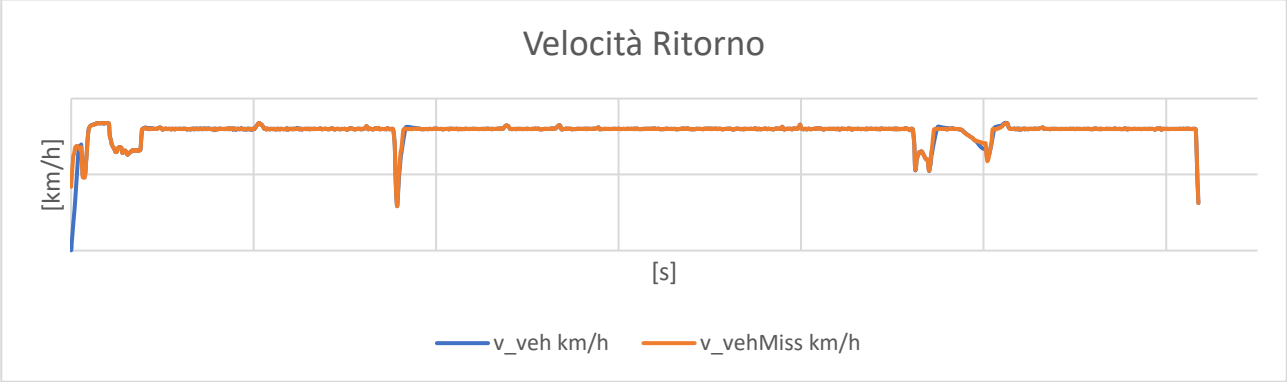


Figura 52 Profilo Velocità Autostradale Ritorno non tagliato 120E25

I cicli creati con l'eliminazione delle parti non simulabili hanno mostrato questi risultati:

Andata

	l/100km	%
Delta Consumo	+2,082	+10,11

Tabella 16 Delta di consumo tra software e strada, Autostradale Andata 120E25

Nonostante l'elevato lavoro eseguito sui cicli per ottenere risultati il più possibile coerenti con quelli reali. Il percorso autostradale di andata, essendo eseguito in un tratto montano dove si hanno delle

elevate pendenze e numerose gallerie, produce una variazione di consumi molto elevata. Viene pertanto sconsigliato di utilizzare questo ciclo per eseguire la calibrazione di un veicolo reale.

Ritorno

	l/100 km	%
Delta consumo	+0,332	+2,44

Tabella 17 Delta di consumo tra software e strada, Autostradale Ritorno 120E25

Nel ciclo di ritorno il veicolo tenderà a non produrre coppia, grazie alla presenza di una pendenza negativa nel tratto delle gallerie, rendendo più facile riuscire ad avvicinare i valori di consumo a quelli reali, in quanto in questo tratto la forza resistente dovuta alla pendenza, che sull'andata aveva un forte impatto, tende ad essere quasi irrilevante sul risultato di consumo finale.

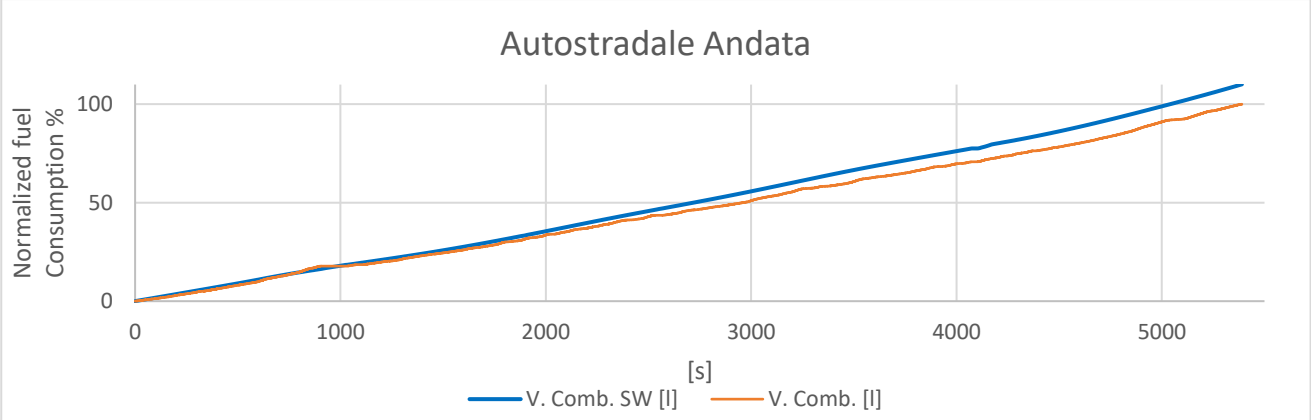


Figura 53 Curve di consumo cumulato, Autostradale Andata 120E25

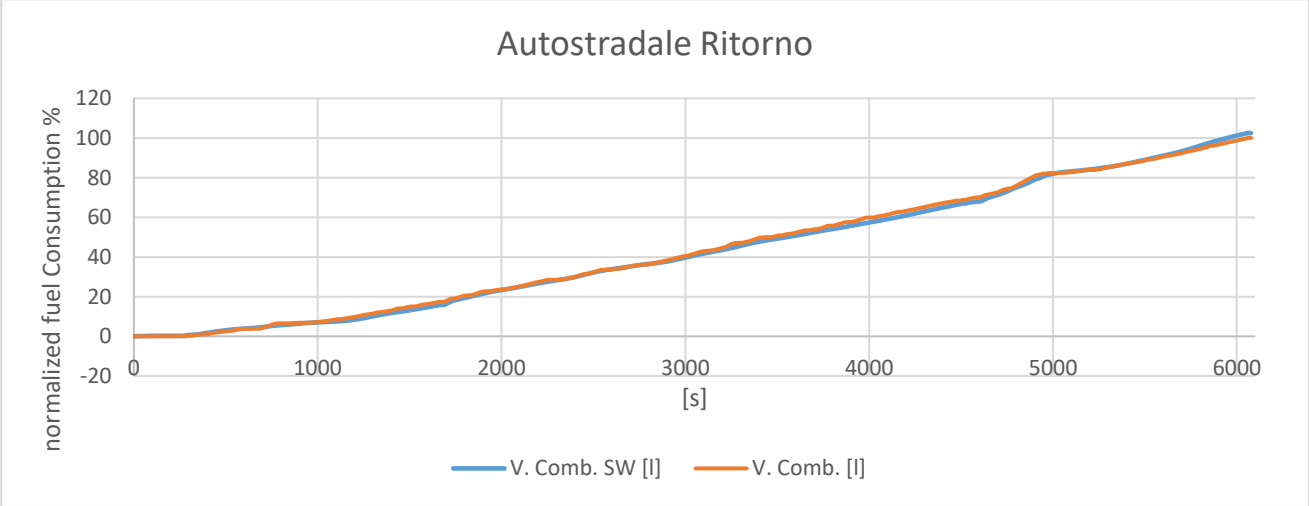


Figura 54 Curve di consumo cumulato, Autostradale Ritorno 120E25

Eurocargo 75E19

Suburbano

	l/100km	%
Delta Consumo	+2,893	+20,1

Tabella 18 Delta di consumo tra software e strada, Suburbano 75E19

Nel tratto suburbano l'elevata differenza di consumo rilevata ha portato alla necessità di un'attenta analisi delle variabili ottenute dalla simulazione. Come si può riscontrare dalla figura 55 le curve di consumo tendono ad allontanarsi, tale comportamento è stato imputato alla presenza di un malfunzionamento all'interno del software che tende a non andare mai al di sopra del 60% di coppia disponibile al motore e per tanto porta al posizionamento dei punti di funzionamento sul piano quotato in un'area dove si ha un elevato consumo specifico.

L'ipotesi di un'errata scrittura del ciclo simulato viene scartata in quanto tale ciclo è stato validato a banco com'è possibile riscontrare nel capitolo 10.

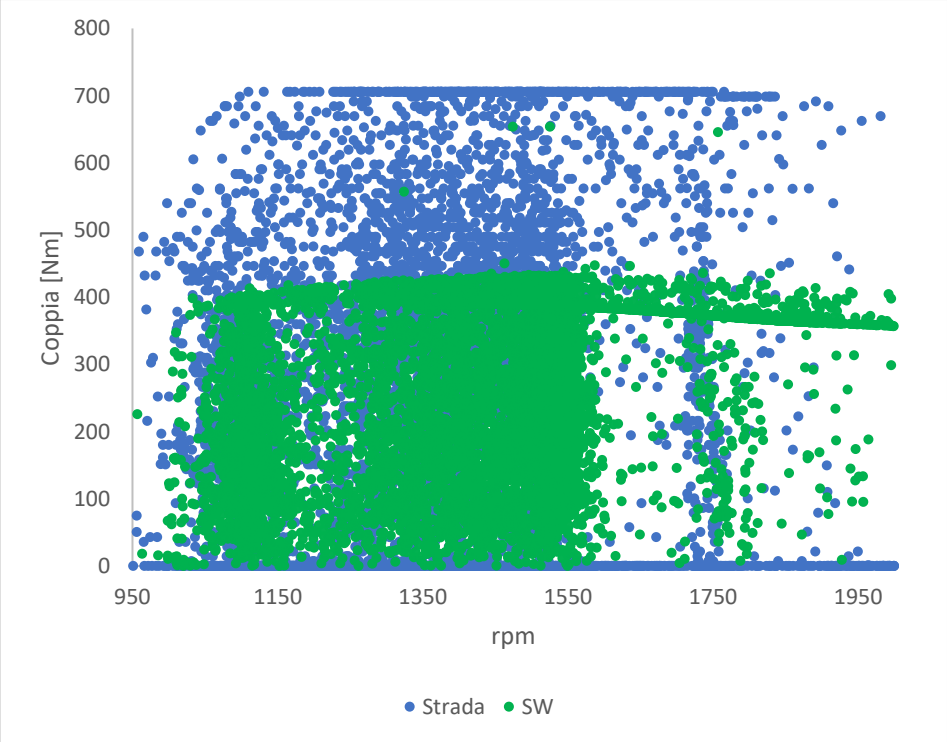


Figura 55 Punti di funzionamento ciclo Suburbano

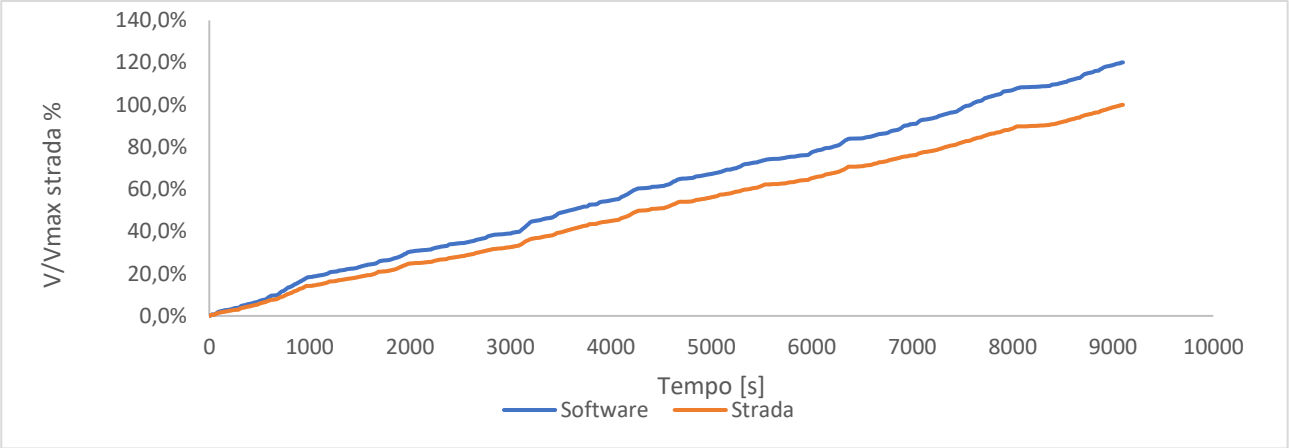


Figura 56 Curve di consumo cumulato Suburbano 75E19

Urbano

	l/100km	%
Delta Consumo	+4,145	+20,16

Tabella 19 Delta di consumo tra software e strada, Urbano 75E19

Durante la simulazione del ciclo urbano sono stati riscontrati gli stessi errori che si sono verificati durante il ciclo suburbano.

Dal grafico seguente si può notare come la densità di punti creati dal Software lavori nel range corretto di giri motore ma continuando a sottostimare la coppia motrice.

L'ipotesi di un'errata scrittura del ciclo simulato viene scartata in quanto tale ciclo è stato validato a banco com'è possibile riscontrare nel capitolo 10.

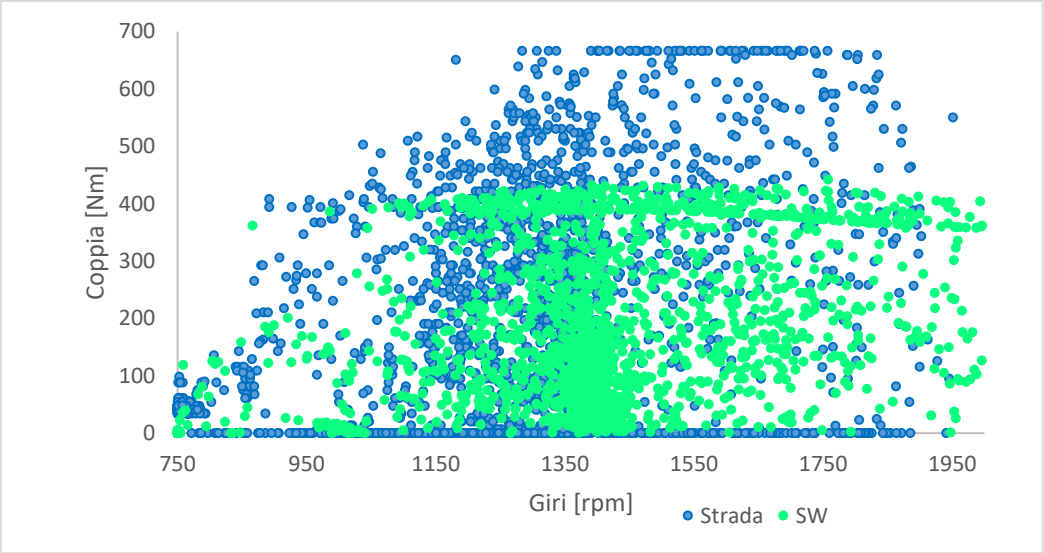


Figura 57 Punti di funzionamento ciclo Urbano 75E19

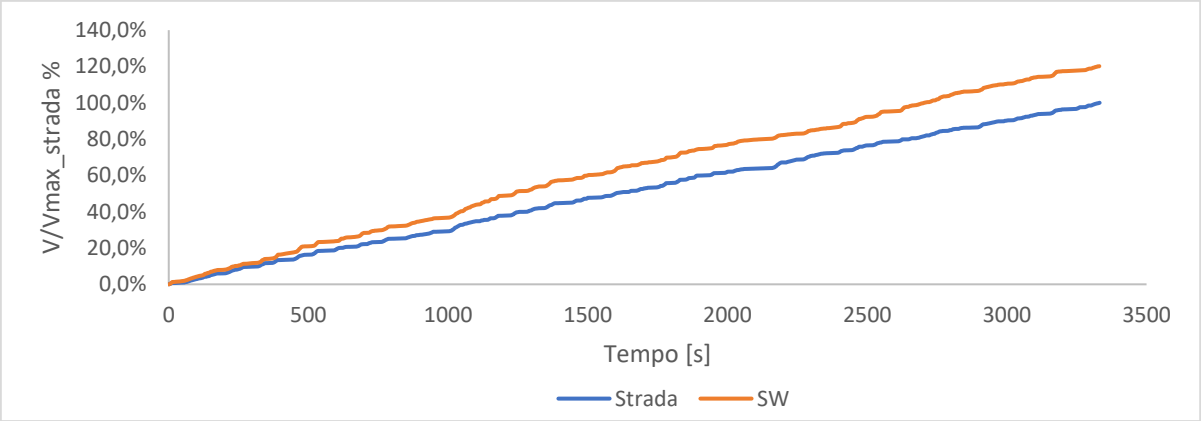


Figura 58 Curve di consumo cumulato Urbano 75E19

Door to Door

	l/100km	%
Delta Consumo	+1,071	+4,14

Tabella 20 Delta di consumo tra software e strada, Door to Door 75E19

Da una prima analisi dei valori ottenuti e delle curve di consumo cumulato, sembrerebbe che l'errore ottenuto nei cicli precedenti sia stato eliminato.

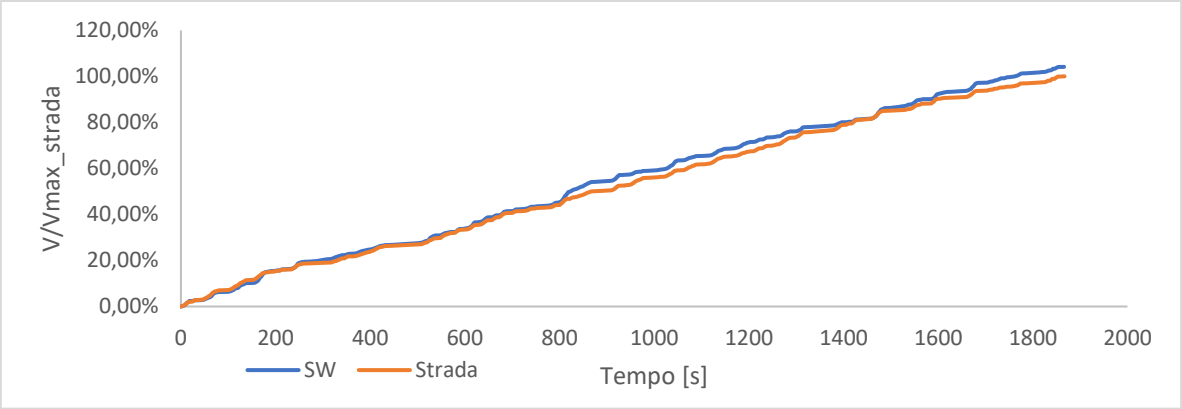


Figura 59 Curve di consumo cumulato Door to Door

Questo però risulta essere errato in quanto, a livello di simulazione, per incrementare il ciclo, è stato necessario eliminare tutti gli istanti di tempo in cui il veicolo rimane spento. Nei nuovi sistemi di scarico, al fine di abbattere le emissioni di inquinanti, è necessario mantenere un certo range di temperatura del motore. Nella prova su strada, durante le fasi di sosta, lo spegnimento del motore non permette di mantenere i valori all'interno del range voluto e questo porta, durante le fasi di ripartenza, ad attuare tutta una serie di strategie atte a riportare le temperature nel corretto intervallo al fine di avere un elevata efficienza del sistema. La maggior parte di queste procedure prevede l'utilizzo di un elevata quantità di carburante che porta a sfalsare i risultati di consumo ottenuti durante la simulazione, la quale non è in grado di riprodurre tale comportamento.

Inoltre, graficando i punti di funzionamento calcolati durante la simulazione si riscontra lo stesso errore ritrovato nei cicli precedenti.

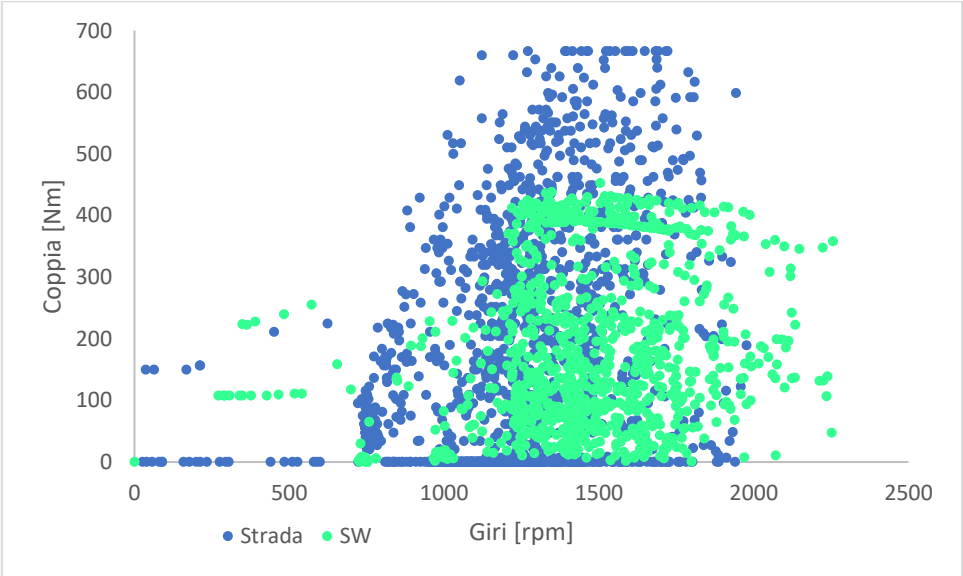


Figura 60 punti di funzionamento ciclo Door to Door

Capitolo 10

Banco Dinamometrico

All'interno dell'azienda sono presenti diversi banchi dinamometrici capaci di testare veicoli con differenti misure di passo e differenti tipi di trazione.

Per il seguente lavoro è stato utilizzato un banco prodotto dalla Apicom all'interno di una cella climatica, sul quale è possibile testare veicoli con un singolo assale traente.

Figura 61 Banco a rulli Apicom

Attività svolte

Al termine delle prove su strada e delle simulazioni numeriche è stato deciso di testare la validità dei cicli creati andando a eseguirli su banco dinamometrico con veicoli reali.

La validità dei risultati ottenuti viene garantita dall'utilizzo dei medesi strumenti di misura utilizzati durante le prove reali e dal confronto degli stessi segnali acquisiti da rete Can.

Calibrazione del banco

Una volta installato il veicolo sul banco è stato necessaria una calibrazione per rendere possibile l'applicazione delle giuste resistenze durante la marcia. Per ottenere i corretti risultati è necessario andare ad inserire all'interno del banco i valori di massa con cui viene eseguita la prova nonché i coefficienti F_0 ed F_2 del Coast-Down. Per visualizzare in tempo reale i valori di potenza sviluppata al volano è inoltre necessario fornire i valori dei rapporti di trasmissione dell'intera drive line.

Rotolamento

Una volta inseriti tutti i parametri, per verificare che il banco vada ad applicare le resistenze corrette, viene effettuata la prova di Rotolamento.

Tale prova consiste nel trascinare, tramite l'azionamento dei rulli, l'intero powertrain mantenendo il cambio in presa diretta. Durante il trascinamento, conoscendo il rapporto al ponte e non avendo l'influenza del cambio, viene misurata la potenza sviluppata al volano e confrontata con quella teorica ottenuta tramite l'utilizzo dei parametri di Coast-Down al fine di verificare che siano uguali.

Curva di Potenza

Ottenuti dei corretti risultati di rotolamento è stato portato il veicolo a differenti velocità angolari del motore mentre viene misurata la potenza sviluppata al volano. Per ogni punto vengono eseguite due misure di potenza, la prima mantenendo attivo il ventilatore mentre la seconda viene eseguita escludendolo manualmente. Questa procedura permette di vedere l'influenza degli ausiliari al variare del numero di giri in quanto, il ventilatore tende ad avere il maggior assorbimento di potenza rispetto agli altri componenti. Se il banco viene settato correttamente bisogna notare una curva di potenza assorbita di tipo parabolico con l'aumentare del numero di giri.

L'esecuzione della prova ha portato alla creazione della curva di potenza reale del veicolo grazie alla quale è stato possibile fare un confronto diretto con quella fornita al Software Safe, riscontrando uno scarto tra le due curve non rilevante..

Di seguito vengono riportate le curve di Full-load misurate a banco in confronto a quelle teoriche del Software espresse in valore percentuale rispetto ai dati nominali del veicolo.

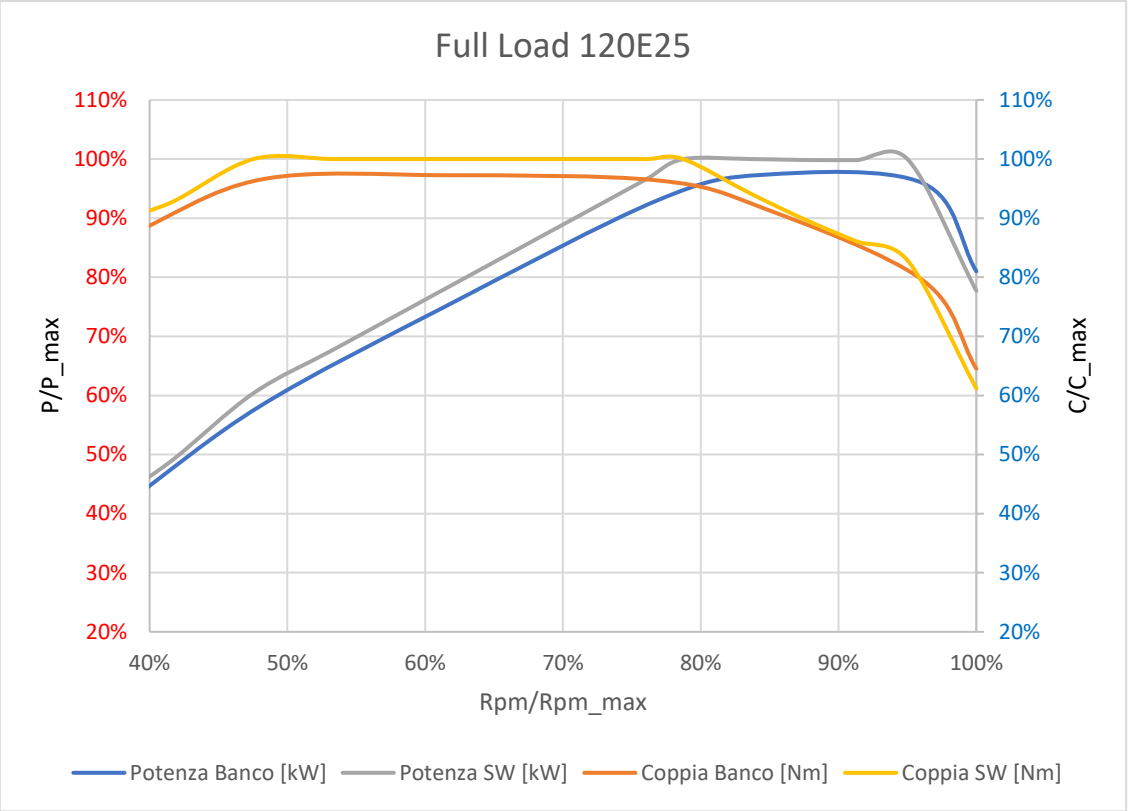


Figura 62 Full load Curve, normalizzata rispetto al valore massimo dichiarato 120E25

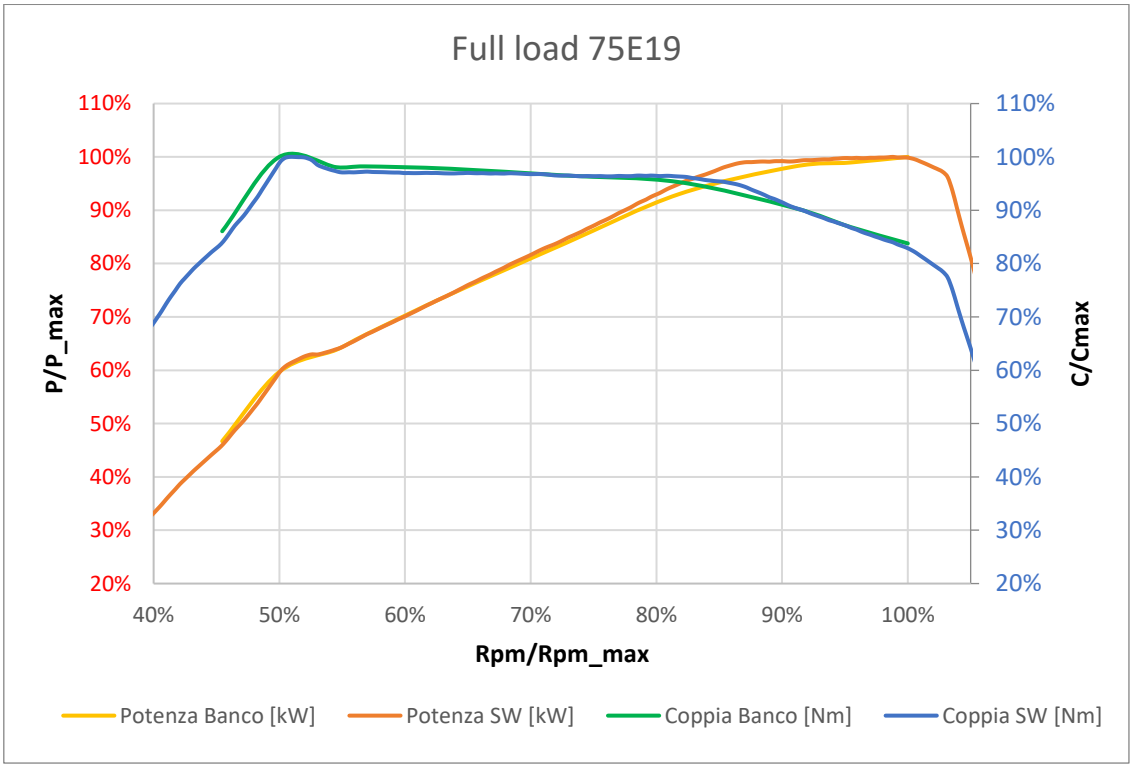


Figura 63 Full load Curve, normalizzata rispetto al valore massimo dichiarato 75E19

Piano quotato

All'interno del software SAFE, come già descritto in precedenza, è necessario inserire un file contenente il piano quotato del motore utilizzato. La presenza di nuove normative riguardanti le emissioni di inquinanti obbligano la centralina a lavorare con logiche più avanzate dell'utilizzo del semplice piano quotato.

Questo ha portato alla necessità di verificare che il piano quotato utilizzato all'interno del Software sia simile a quello utilizzato in centralina motore.

Il piano quotato ricavato a banco viene eseguito sfruttando un misuratore di carburante basato sul principio di Coriolis. Tale principio è in grado di correlare la portata che passa attraverso un canale di forma a spirale, il quale vibra ad una frequenza nota, con la coppia oscillante che si crea sulla spira stessa.

Figura 64 Coriolis (misuratore di portata)

Di seguito vengono confrontati i piani quotati acquisiti a banco con quelli forniti dal software safe. Le curve di isolivello sui grafici indicano il valore di consumo percentuale rispetto al valore massimo di consumo misurato a banco.

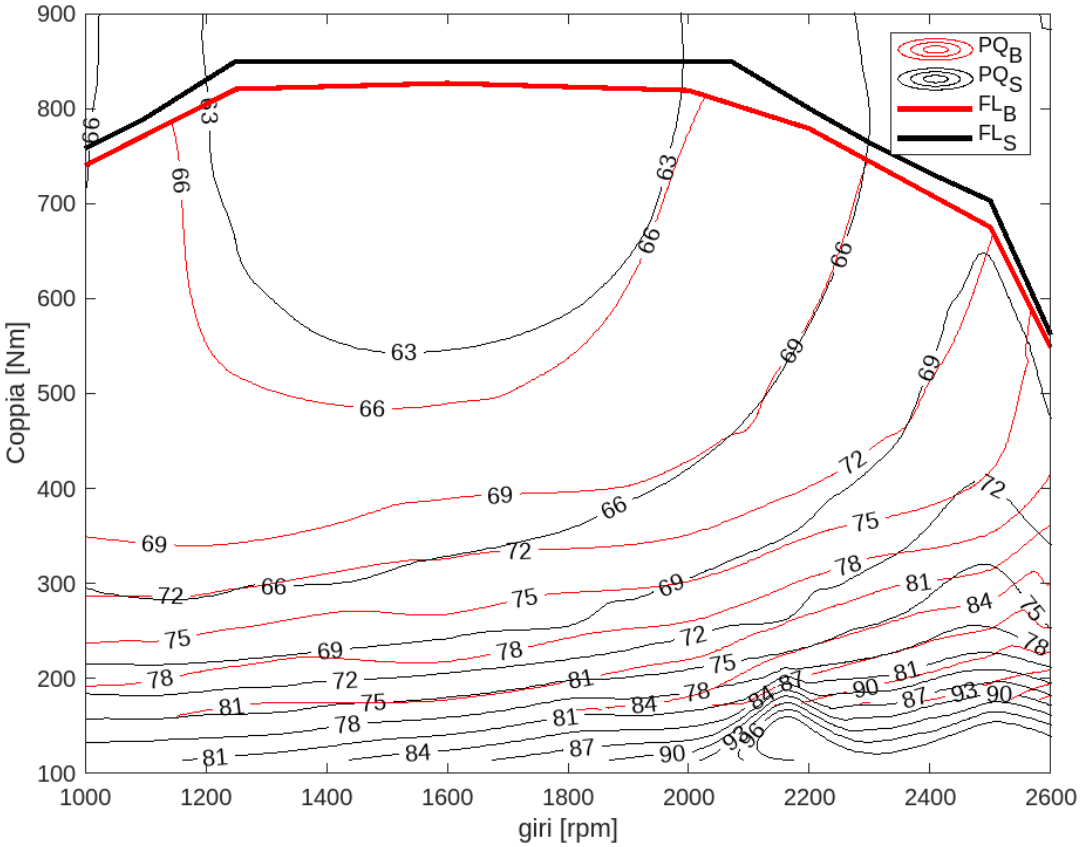


Figura 65 Piano quotato 120E25

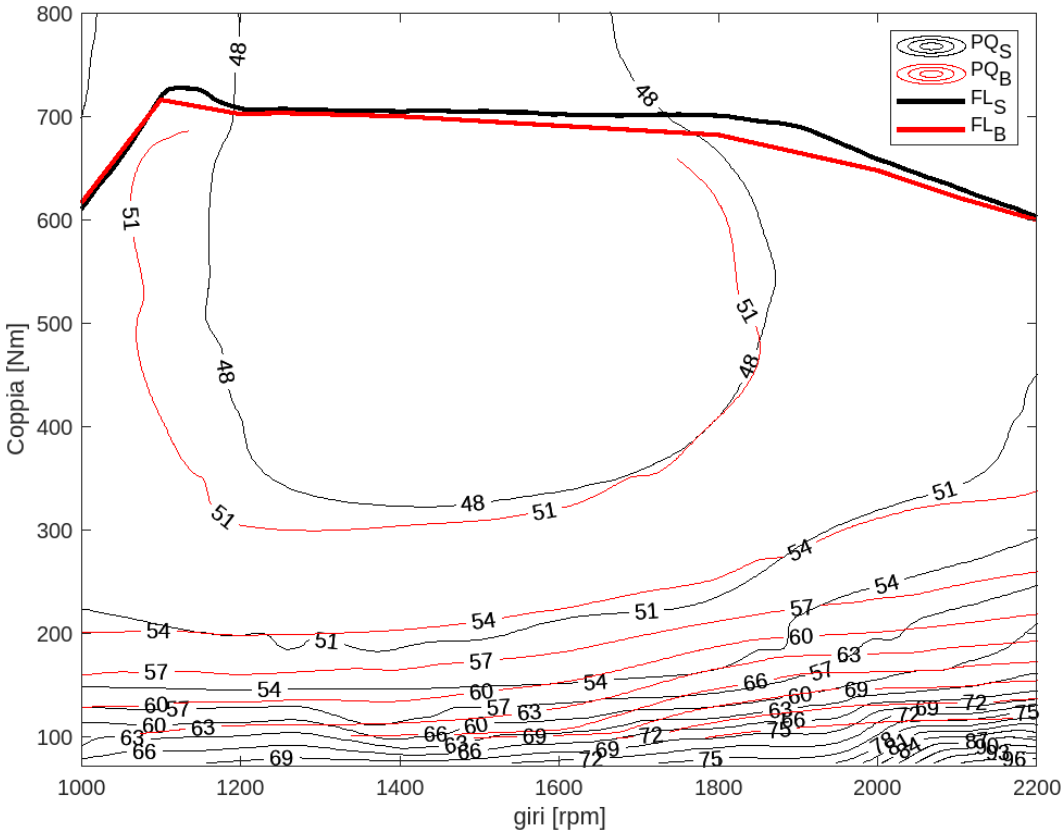


Figura 66 Piano quotato 75E19

Cicli di guida e consumo

Al termine delle attività descritte precedentemente sono state svolte le misure di consumo sui cicli creati per il software Safe. Al fine di eseguirli nella maniera più corretta, è stato necessario impostare alcuni parametri sia sul ciclo stesso che sul veicolo:

- La **pendenza stradale** è stata impostata pari a zero se la velocità del veicolo è inferiore a 0,5 km/h per evitare che la forza imposta al rullo a basse velocità possa portarlo a velocità negative.
- Il **cambio** del veicolo è necessario che venga impostato in manuale al fine di rispettare correttamente il profilo di marcia imposto.

Dalle simulazioni numeriche ottenute sono stati ritenuti rilevanti solamente alcuni delta di consumo. Questo ha portato alla decisione di eseguire a banco solamente i cicli più rilevanti per ottenere una più accurata correlazione.

Cicli testati a Banco dinamometrico:

Eurocargo 120E25

- Suburbano
- Autostradale ritorno

Eurocargo 75E19

- Suburbano
- Urbano

Risultati cicli a banco

Suburbano 120E25

Durante la prima esecuzione del percorso suburbano sono stati ottenuti i seguenti risultati.

Delta Safe/Strada	+2,5%
Delta Banco/Strada	-11%

Tabella 21 Delta consumo Banco Strada, 1°tenetativo Suburbano 120E25

Come indicato nella tabella 21, si può notare come il ciclo creato con i dati acquisiti su strada e riprodotto a banco sia poco energivoro portando ad un consumo nettamente inferiore.

Tale comportamento è visibile dal grafico seguente dove risulta evidente un delta di potenza che si ottiene andando ad esaminare la coppia prodotta su strada e quella a banco.

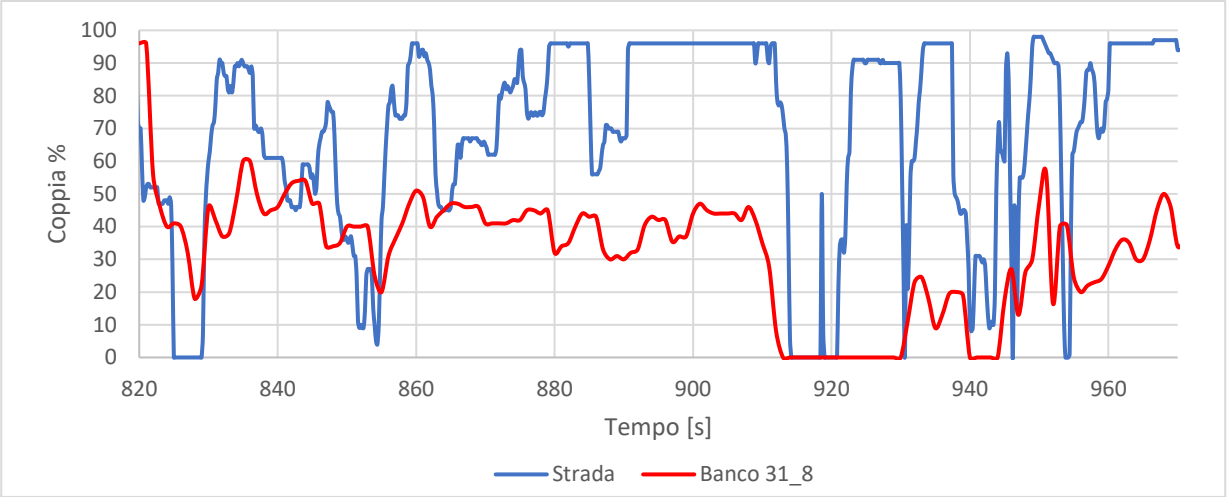


Figura 67 Coppie Banco strada, 1° tentativo Suburbano 120E25

Tali risultati hanno portato alla necessità di mettere in dubbio la veridicità del ciclo creato nonostante a calcolo porti ad un risultato ottimale.

Si è partiti dall'ipotizzare che la mancanza di coppia sia dovuta alla non corretta pendenza stradale imposta al banco. Per verificare tale ipotesi si è ricorso ad un processo di reverse engineering andando a calcolare la pendenza necessaria in ogni istante del ciclo per poter colmare il delta di coppia tramite l'utilizzo delle equazioni descritte nel capitolo 2.

Di seguito viene riportato una parte del profilo di pendenza ottenuto rispetto a quello utilizzato nel software.

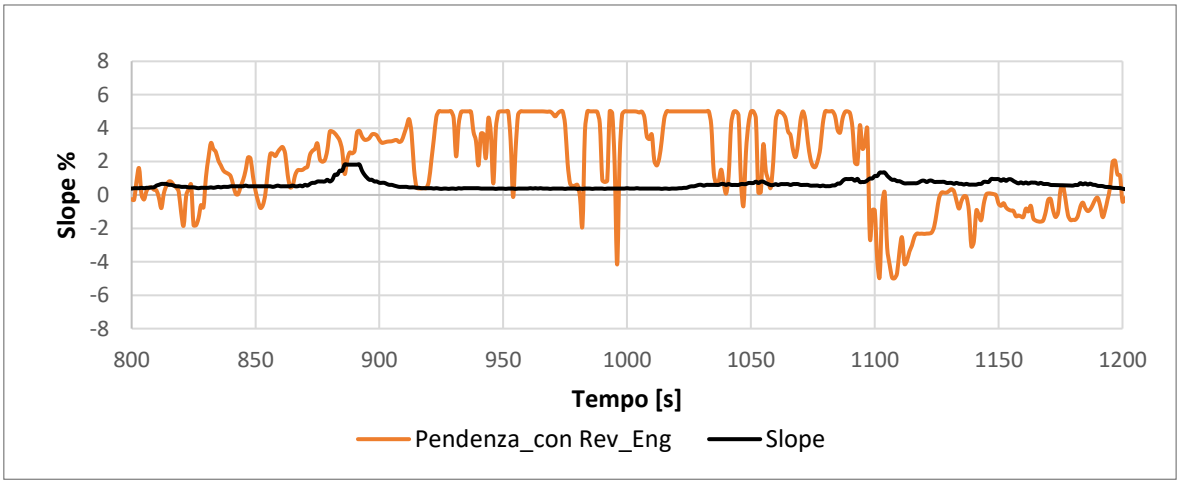


Figura 68 Pendenza stradale con Reverse Engineering

Utilizzando il profilo di pendenza ricalcolato sono stati ottenuti i seguenti risultati a discapito della guidabilità del veicolo riscontrata dai driver durante le prove a banco.

Delta Safe/Strada	+13,8%
Delta Banco/Strada	-3,8%

Tabella 22 Delta consumo Banco Strada, 2°tenetativo con Reverse Engineering Suburbano 120E25

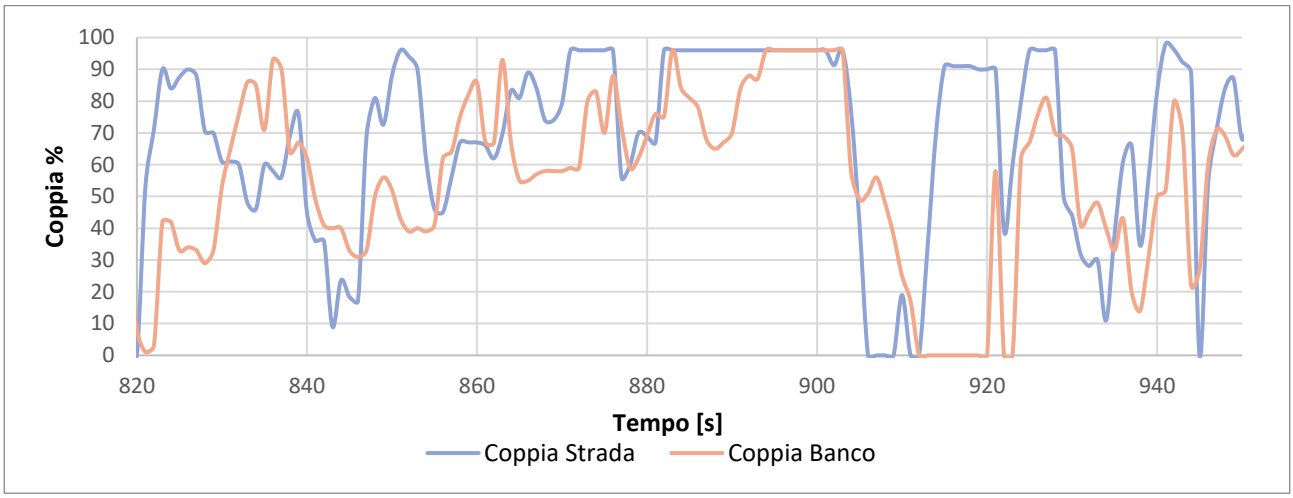


Figura 69 Coppia Banco strada con Reverse Engineering

Con i seguenti risultati, e tramite la creazione di un tracciato GPS utilizzando i valori di latitudine e longitudine acquisite durante la prova, abbiamo notato che il segnale di altimetria, utilizzato per la creazione del ciclo, risulta errato.

Andando a ricavare il corretto profilo altimetrico è stata ricalcolata la pendenza stradale ottenendo i seguenti risultati.

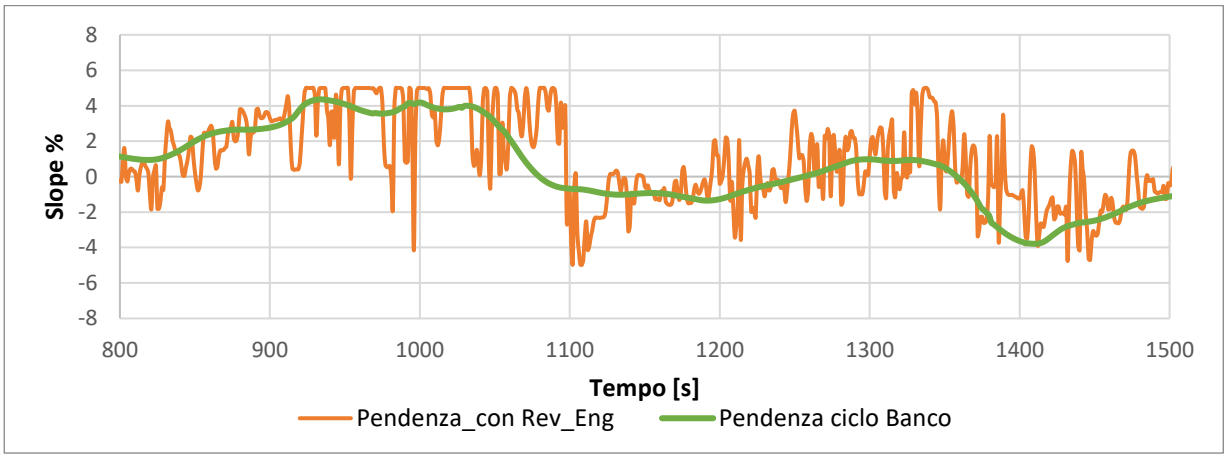


Figura 70 Pendenza stradale corretta ciclo Suburbano.

È possibile notare come la pendenza ricalcolata, con il corretto profilo altimetrico, e quella ottenuta con il processo di reverse engineering abbiano lo stesso andamento; il profilo è stato mediato per ottenere un ciclo percorribile dai driver.

Delta Safe/Strada	+4,7%
Delta Banco/Strada	-7%

Tabella 23 Delta consumo Banco Strada, Suburbano 120E25

Il delta tra strada e banco ottenuto risulta essere più accettabile in quanto, per una più approfondita correlazione, sarebbe necessario considerare diversi altri fattori che possono influire sul consumo come l'utilizzo della Flap sullo scarico o la variazione di temperatura ambientale con cui viene eseguita la prova su strada.

Autostradale ritorno 120E25

Ricordando che il ciclo autostradale di ritorno ha mostrato il delta di consumo tra software e strada più basso rispetto a tutti gli altri tre cicli. Andando a simularlo su banco sono stati ottenuti i seguenti risultati.

Delta Safe/Strada	+2,44%
Prova 1° Delta Banco/Strada	-1,04%
Prova 2° Delta Banco/Strada	-2,48%
Prova 3° Delta Banco/Strada	-1,77%

Tabella 24 Delta consumo Banco Strada, Autostradale Ritorno 120E25

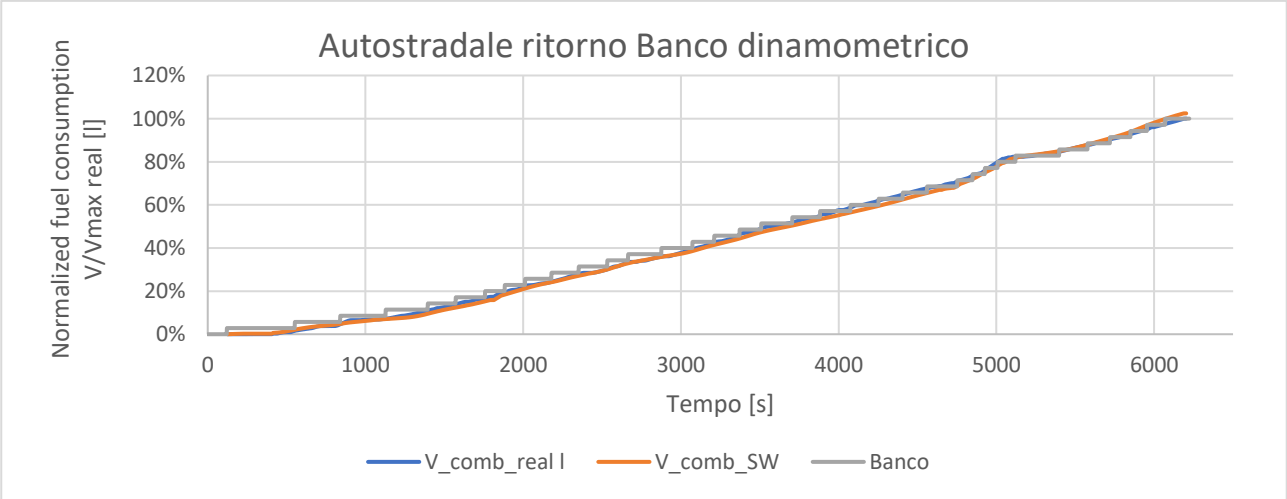


Figura 71 Curve di consumo cumulato Banco/Strada Autostradale 120E25

Suburbano 75E19

Il corretto profilo altimetrico acquisito durante i test del veicolo ha permesso di ottenere un ciclo corretto che ha portato ad ottenere i seguenti valori.

Misuratore di portata	Delta Safe/Strada	+20,1%
Flussometro AIC	Prova 1° Delta	-2,7%
Flussometro AIC	Prova 2° Delta	-3,0%
Coriolis	Prova 3° Delta	-5,1%

Figura 72 Delta consumo Banco Strada, Suburbano 75E19

L'elevato delta rilevato nella terza prova è stato influenzato dal differente sistema di misura della portata. Per avere un corretto delta sarebbe necessario ripetere la prova su strada utilizzando lo stesso strumento.

La bontà del ciclo creato viene confermata dalla medesima richiesta di coppia del veicolo richiesta a banco e a su strada.

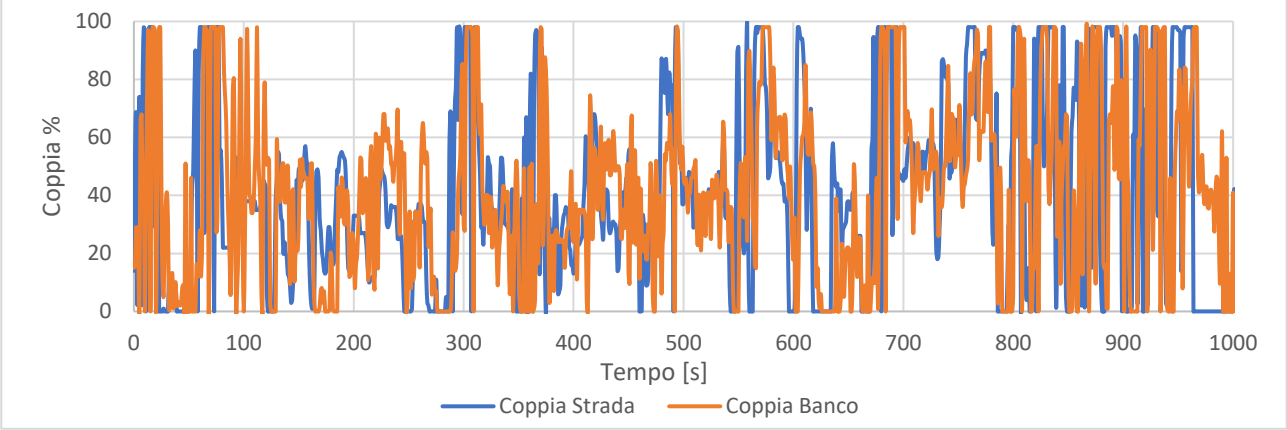


Figura 73 Coppie Banco/Strada Suburbano 75E19

Urbano 75E19

Non avendo eseguito prove sul percorso autostradale è stato deciso di eseguire il ciclo urbano nonostante si sia a conoscenza dell'elevata variabilità del segnale di altimetria.

Misuratore di portata	Delta Safe/Strada	+20,16%
Flussometro AIC	Prova 1° Delta	+4,03%
Coriolis	Prova 2° Delta	-1,11%

Tabella 25 Delta consumo Banco Strada, Urbano 75E19

Il consumo maggiore è dovuto, come già accennato in precedenza, ad un errato profilo altimetrico, il quale nonostante sia stato pulito e mediato ha riportato una pendenza leggermente più elevata rispetto al valore reale.

Anche per l'urbano è stata eseguita una prova con un misuratore di portata differente che ha confermato come tale dispositivo tenda a misurare un consumo minore rispetto all'AIC sul medesimo ciclo.

Conclusioni

	Eurocargo 120E25			Eurocargo 75E19		
		Software	Banco		Software	Banco
Suburbano	Delta Consumo	**+4,7%**	**-7,0%**	Delta Consumo	**+20,1%**	**-3,6%**
Urbano	Delta Consumo	**+5,7%**		Delta Consumo	**+20,2%**	**+4,0%**
Door to Door				Delta Consumo	**+4,2%**	
Autostradale Andata	Delta Consumo	**+10,1%**				
Autostradale ritorno	Delta Consumo	**+2,4%**	**-1,8%**			

Tabella 26 Delta di Consumo finali, Risultati di tutte le prove

Legenda:

Percorso non eseguito

Percorso non testato

Dal lavoro svolto si dimostra come il software Safe tenda a sovrastimare il consumo di combustibile in tutti i cicli di guida testati.

Questo comportamento è dovuto diversi fattori:

- Basso grado di modellazione del veicolo a causa della mancanza di dati disponibili per i veicoli in prova.
- Stima della coppia motrice richiesta per l'avanzamento inferiore a quella misurata su strada per il medesimo numero di giri, andando così a lavorare in zone del piano quotato con un elevato consumo specifico di combustibile.
- Bassa affidabilità dei cicli di guida creati.

L'attività a banco è stata utile per identificare le problematiche del software di misura e delle modalità con cui vengono effettuate le prove su strada.

Al termine delle attività sono stati rilevati differenti fattori che necessitano di essere migliorati per poter incrementare la validità dei risultati ottenuti dalla correlazione e per poter migliorare future attività di consumo.

Durante le acquisizioni su strada è necessario l'utilizzo di un metodo più affidabile per identificare la pendenza stradale, come l'uso di un GPS con una più elevata precisione e accuratezza o il montaggio di un inclinometro con una frequenza di acquisizione di 1 Hz.

Per l'utilizzo del software Safe è necessaria un'accurata campagna di modellazione dei componenti del veicolo al fine di aumentare la validità dei risultati ottenuti.

Durante la creazione dei cicli di guida è necessario validare i valori ottenuti tramite l'utilizzo del banco dinamometrico in quanto è possibile andare a confrontare i valori dei medesimi segnali Can acquisiti durante le prove reali. In questo modo se il delta di consumo risultasse accettabile sarà possibile procedere con la simulazione numerica andando ad eliminare l'incertezza sul ciclo di guida e focalizzando l'attenzione solamente sulle problematiche dovute al software.

Indice delle figure

Figura1 www.iveco.com/italy/prodotti/pages/nuovo-daily-furgone.aspx 8

Figura2 www.iveco.com/italy/prodotti/pages/camion-eurocargo-iveco.aspx 8

Figura3 www.iveco.com/italy/prodotti/pages/iveco-sway-diesel.aspx#design-esterni 9

Figura 4: Forze esterne agenti sul veicolo : COAST DOWN TEST – THEORETICAL AND EXPERIMENTAL APPROACH Ion Preda, Dinu Covaciu, Gheorghe Ciolan, Transilvania University of Brasov, Romania 11

Figura 5 Cost-down Example curve 14

Figura 6 Misuratore AIC 16

Figura 7 Strumenti per la calibrazione 17

Figura 9 Display misuratore AIC 17

Figura 8 Procedura di calibrazione 17

Figura 10 Schema di funzionamento misuratore AIC 17

Figura 11 Istallazione del misuratore AIC su veicolo 18

Figura 12 Schema di acquisizione dati 18

Figura 13 Dewetron 19

Figura 14 Imc CanFX 19

Figura 15 Rete CAN 20

Figura 16 GPS 20

Figura 17 Can Case 20

Figura 18 GL 2000 21

Figura 19 Percorso Suburbano 23

Figura 20 Percorso Urbano 23

Figura 21 Percorso Autostradale 24

Figura 22 Percorso Door to Door 24

Figura 23 Veicolo 120E25 25

Figura 24 Veicolo 75E19 26
Figura 25 Distribuzione statisstiche : Suburbano 120E25 28
Figura 26 Distribuzione statisstiche : Urbano 120E25 29
Figura 27 Distribuzione statisstiche : Autostradale 120E25 29
Figura 28 Distribuzione statisstiche : Suburbano 75E19 32
Figura 29 Distribuzione statisstiche : Urbano 75E19 33
Figura 30 Distribuzione statisstiche : Door to Door 75E19 34
Figura 31 Validazione della velocità acquisita 41
Figura 32 Esempio di pendenza stradale ottenuta a calcolo senza elaborazione del segnale di altimetria 42
Figura 33 Rumore presentee nel segnale altimetrico 43
Figura 34 Pulizia del segnale tramite regressione quadratica 43
Figura 35 Profilo altimetrico Urbano 44
Figura 36 Profilo altimetrico Suburbano 44
Figura 37 Profilo altimetrico Autostradale Andata 45
Figura 38 Profilo altimetrico Autostradale Ritorno 45
Figura 39 Profilo di Pendenza Suburbano 46
Figura 40 Profilo di Pendenza Urbano 46
Figura 41 Rumore del segnale di pendenza stradale 46
Figura 42 Profili di pendenza Autostradale Andata 47
Figura 43 Profili di pendenza Autostradale Andata 47
Figura 44 Profilo di Velocità Urbano, normalizzato rispetto al valore massimo 48
Figura 45 Profilo di Velocità Suburbano, normalizzato rispetto al valore massimo 48
Figura 46 Profilo di Velocità Autostradale Andata, normalizzato rispetto al valore massimo 49
Figura 47 Profilo di Velocità Autostradale Ritorno, normalizzato rispetto al valore massimo 49
Figura 48 Profilo di Velocità Door to Door, normalizzato rispetto al valore massimo 49

Figura 49 Curve di consumo cumulato, Urbano 120E25 51
Figura 50 Curve di consumo cumulato, Suburbano 120E25 51
Figura 51 Profilo Velocità Autostradale Andata non tagliato 120E25 52
Figura 52 Profilo Velocità Autostradale Ritorno non tagliato 120E25 52
Figura 53 Curve di consumo cumulato, Autostradale Andata 120E25 53
Figura 54 Curve di consumo cumulato, Autostradale Ritorno 120E25 53
Figura 55 Punti di funzionamento ciclo Suburbano 54
Figura 56 Curve di consumo cumulato Suburbano 75E19 55
Figura 57 Punti di funzionamento ciclo Urbano 75E19 56
Figura 58 Curve di consumo cumulato Urbano 75E19 56
Figura 59 Curve di consumo cumulato Door to Door 57
Figura 60 punti di funzionamento ciclo Door to Door 57
Figura 61 Bnaco a rulli Apicom 58
Figura 62 Full load Curve, normalizzata rispetto al valore massimo dichiarato 120E25 60
Figura 63 Full load Curve, normalizzata rispetto al valore massimo dichiarato 75E19 60
Figura 64 Coriolis (misuratore di portata) 61
Figura 65 Piano quotato 120E25 62
Figura 66 Piano quotato 75E19 62
Figura 67 Coppie Banco strada, 1° tentativo Suburbano 120E25 64
Figura 68 Pendenza stradale con Reverse Engineering 64
Figura 69 Coppia Banco strada con Reverse Engineering 65
Figura 70 Pendenza stradale corretta ciclo Suburbano. 65
Figura 71 Curve di consumo cumulato Banco/Strada Autostradale 120E25 66
Figura 72 Delta consumo Banco Strada, Suburbano 75E19 67
Figura 73 Coppie Banco/Strada Suburbano 75E19 67

Indice delle tabelle

Tabella 1 Dati veicolo 120E25 25

Tabella 2 Dati veicolo 75E19 26

Tabella 3 Scarti medi: Analisi statistica percorso Suburbano, veicolo 120E25 27

Tabella 4 Scarti medi: Analisi statistica percorso Urbano, veicolo 120E25 28

Tabella 5 Scarti medi: Analisi statistica Autostradale 120E25 29

Tabella 6 Scarti medi: Analisi Statistica Percorsi completi 120E25 30

Tabella 7 Scarti medi: Analisi Statistica Suburbano 75E19 31

Tabella 8 Scarti medi: Analisi Statistica Suburbano 2022 75E19 31

Tabella 9 Scarti medi: Analisi Statistica Suburbano 2021 75E19 32

Tabella 10 Scarti medi: Analisi Statistica Urbano 75E19 33

Tabella 11 Scarti medi: Analisi Statistica Door to Door 75E19 34

Tabella 12 Scarti medi: Analisi Statistica Percorsi completi 75E19 34

Tabella 13 Whtc correction Factor 39

Tabella 14 Delta di consumo tra software e strada, Urbano 120E25 50

Tabella 15 Delta di consumo tra software e strada, Suburbano 120E25 51

Tabella 16 Delta di consumo tra software e strada, Autostradale Andata 120E25 52

Tabella 17 Delta di consumo tra software e strada, Autostradale Ritorno 120E25 53

Tabella 18 Delta di consumo tra software e strada, Suburbano 75E19 54

Tabella 19 Delta di consumo tra software e strada, Urbano 75E19 55

Tabella 20 Delta di consumo tra software e strada, Door to Door 75E19 56

Tabella 21 Delta consumo Banco Strada, 1°tenetativo Suburbano 120E25 63

Tabella 22 Delta consumo Banco Strada, 2°tenetativo con Reverse Engineering Suburbano 120E25 65

Tabella 23 Delta consumo Banco Strada, Suburbano 120E25 66

Tabella 24 Delta consumo Banco Strada, Autostradale Ritorno 120E25 66

Tabella 25 Delta consumo Banco Strada, Urbano 75E19.....67

Tabella 26 Delta di Consumo finali, Risultati di tutte le prove 69

References

Figura 1: COAST DOWN TEST – THEORETICAL AND EXPERIMENTAL APPROACH Ion Preda, Dinu Covaciu, Gheorghe Ciolan, Transilvania University of Brasov, Romania.

Jazar Reza N., *Vehicle Dynamics: Theory and Application*, Springer, 2017, Third Edition.

Heywood J. B., *Internal combustion engine fundamentals,* Mc Graw Hill, 2018, Second Edition.

Bosch, *Automotive Handbook,* Wiley, 2018, Tenth Edition.

Velardocchia M., *Appunti di fondamenti di meccanica del veicolo*, 2020/2021.