

N. rapporto 5'214'030'511

Benzina biosintetica per l'impiego in veicoli d'epoca

Compatibilità di materiali e olio motore, prove su
strada



AMAG Classic: Dino Graf, Reto Mattenberger, René Dörig

Motorex: Dott. Markus Kurzwart, Fabrice Duclos

Empa: Christian Bach, Thomas Hilfiker, Roland Spühler, Mathias Huber

Committente: AMAG Classic, Schinznach-Bad:

Schinznach-Bad, Langenthal e Dübendorf, 7 marzo 2024

Indice

| | |
|---|-----------|
| 1. Riepilogo..... | 3 |
| 2. Carburanti esaminati..... | 5 |
| 2.1 Carburanti utilizzati | 5 |
| 3. Compatibilità dei materiali..... | 10 |
| 3.1 Oggetti sottoposti al test | 10 |
| 3.2 Configurazione del test | 10 |
| 3.3 Risultati delle prove sulla compatibilità dei materiali | 11 |
| 4. Analisi delle emissioni dei gas di scarico..... | 15 |
| 4.1 Veicolo di prova e configurazione del test | 15 |
| 4.2 Risultati | 16 |
| 5. Misurazione della potenza alle ruote | 18 |
| 5.1 Veicolo di prova e configurazione del test | 18 |
| 5.2 Risultati della misurazione statica della potenza alle ruote | 18 |
| 5.3 Risultati della misurazione dinamica della potenza alle ruote | 19 |
| 6. Prove su strada | 20 |
| 6.1 Veicoli di prova..... | 20 |
| 6.2 Risultati delle prove su strada..... | 21 |

1. Riepilogo

Anche se i veicoli d'epoca producono emissioni di anidride carbonica (CO₂) nel complesso basse, a causa del loro numero relativamente contenuto e delle prestazioni ridotte, anch'essi devono contribuire a ridurre l'impatto sul clima. In questo scenario, i carburanti sintetici a base di energie rinnovabili rappresentano una possibilità che permette di rispettare pienamente il carattere storico di questi veicoli.

Mentre l'impiego di carburanti sintetici nei veicoli moderni non presenta criticità, finora non era così chiaro se questo vale anche per i veicoli d'epoca. AMAG Classic, in qualità di centro di competenza per i veicoli d'epoca del gruppo AMAG, ha quindi condotto delle prove in collaborazione con Empa e Motorex per fare chiarezza in merito. Alla fine si è delineato un quadro del tutto positivo per questa soluzione. È stato possibile chiarire tutte le anomalie emerse durante l'esecuzione del progetto. Sulla base dei risultati, l'impiego di benzina sintetica, almeno per i veicoli d'epoca tipici, può essere considerato sicuro. Le prove sulla compatibilità di materiali e dell'olio motore, i test su gas di scarico e prestazioni del motore, nonché le prove su strada non hanno evidenziato alcuna differenza rispetto al funzionamento con benzina fossile. Se questa constatazione generale valga anche per veicoli d'epoca speciali, come veicoli prebellici, veicoli da corsa storici o veicoli con materiali meno comuni, dovrà eventualmente essere chiarito caso per caso in futuro; per lo sviluppo di tali prove, tuttavia, il presente studio fornisce informazioni preziose, che saranno a disposizione anche per chiarimenti futuri.

Come carburante oggetto del test è stata scelta una benzina biosintetica a base di metanolo rinnovabile, che potrebbe essere immessa sul mercato in futuro. L'origine energetica del metanolo può essere, come nel caso in questione, su base biogenica (ad esempio legno o altra biomassa) così come può basarsi su elettricità rinnovabile. In entrambi i casi, comunque, la successiva trasformazione in un processo Methanol to Gasoline (metanolo a benzina) sarà simile.

L'analisi dettagliata della benzina biosintetica utilizzata e della benzina fossile di riferimento ha dimostrato che i due tipi di carburante differiscono in termini di composizione solo per una percentuale di metil-t-butil etere (MTBE) quasi tre volte superiore nella benzina biosintetica. L'MTBE viene spesso miscelato anche a benzina fossile per aumentare il numero di ottano. A causa della sua struttura molecolare, l'MTBE ha una polarità leggermente superiore rispetto alla benzina fossile, che aumenta la forza solvente (eluizione). Tuttavia, la differenza rispetto alla benzina fossile è nettamente inferiore rispetto al metanolo o all'etanolo. Il presente studio ha quindi analizzato in primo luogo l'impatto dell'aumento della percentuale di MTBE sulle proprietà fisiche, chimiche e termodinamiche della benzina biosintetica e, successivamente, come esso incida sul funzionamento delle auto d'epoca con benzina biosintetica.

L'elevata solubilità è emersa già nelle prove sulla compatibilità dei materiali. A contatto con la benzina biosintetica, i componenti consegnati puliti ma usati hanno talvolta causato un leggero intorbidimento del carburante altrimenti trasparente. Non sono stati riscontrati danni o alterazioni delle superfici, degli strati di vernice o dei materiali né altri effetti come un comportamento di rigonfiamento più debole o più forte, né per i materiali a base di carta, plastica, gomma o metallo.

Anche nelle misurazioni dei gas di scarico, dei consumi e delle prestazioni del motore, nonché nelle prove su strada con due diversi veicoli d'epoca su tragitti brevi, viaggi in autostrada, viaggi su passi o viaggi dopo lunghi periodi di fermo, come è tipico per i veicoli d'epoca, non sono stati riscontrati cambiamenti rispetto al funzionamento a benzina fossile, in particolare per quanto riguarda il comportamento in termini di avviamento e spegnimento, risposta e prestazioni.

A causa della solubilità leggermente più elevata dell'MTBE rispetto alla benzina fossile, su entrambi i veicoli sono stati prelevati e analizzati periodicamente dei campioni di olio. Particolarmente interessante è stata la diluizione della benzina più pronunciata nei veicoli d'epoca rispetto ai veicoli moderni, che ha portato a una diminuzione della viscosità dell'olio motore. Il comportamento è stato paragonabile a quello della benzina fossile: la diluizione con la benzina biosintetica si è verificata nella stessa misura della benzina fossile; tuttavia questa potrebbe anche rivaporizzare durante la guida con carichi motore più elevati, come con la benzina convenzionale. Questo effetto, anticipato dal comportamento all'ebollizione, è stato dimostrato nella terza analisi dell'olio motore su una vettura testata, quando i valori di viscosità e punto di infiammabilità dell'olio motore hanno quasi raggiunto i valori dell'olio nuovo.

Gli accertamenti in merito al forte aumento del contenuto di ferro e piombo nell'olio motore in una delle due vetture testate si sono rivelati un po' più complessi. La filtrazione dei solidi dai campioni dell'olio, seguita dall'analisi dei residui, ha tuttavia permesso di decretare il cessato allarme. La certezza è stata fornita da prove comparative effettuate con un altro veicolo dello stesso tipo, alimentato a benzina fossile, che ha mostrato un comportamento simile, nonché da prove dirette su materiali contenenti piombo con olio motore arricchito con MTBE, che non hanno evidenziato alcun attacco alle bronzine contenenti piombo.

L'MTBE non è tossico a basse concentrazioni, ma ha un odore simile alla trementina. Con l'avvento dell'MTBE come additivo potenziatore di ottani, negli anni 2000 si temeva che in caso di fuoriuscita di benzina, ad esempio in caso di incidenti automobilistici, l'MTBE potesse penetrare nelle acque sotterranee e potabili rendendole inadatte al consumo umano. I timori non si sono concretizzati. Oggi l'MTBE nell'acqua potabile non è più un problema.

Se si fa funzionare un'auto d'epoca con benzina biosintetica invece che con benzina fossile, le differenze sono una solubilità leggermente maggiore per i depositi di olio e/o carburante, un odore leggermente diverso ma non sgradevole dei gas di scarico e un'emissione complessiva di CO₂ significativamente ridotta. L'analisi della benzina biosintetica ha infatti dimostrato che quasi il 90% del carbonio proviene da fonti biogeniche.

2. Carburanti esaminati

2.1 Carburanti utilizzati

Per il presente progetto sono stati utilizzati i seguenti carburanti (cfr. Figura 1):

- a) Benzina fossile di riferimento a 98 ottani comunemente reperibile in commercio (Figura 1, campione #10.2)
- b) Benzina biosintetica di riferimento a 98 ottani (Figura 1, campione #10);
Fornitore: P1 Performance Fuels GmbH, Berlino (Germania)



Figura 1: campioni di benzina biosintetica trasparente (a sinistra) e benzina fossile giallastra (a destra)

La benzina fossile viene prodotta a partire dal petrolio, composto principalmente da idrocarburi. Il petrolio è stato prodotto molto tempo fa dalla trasformazione di materie organiche. Per ricavarne benzina, il petrolio viene depurato nelle raffinerie, distillato e ulteriormente trattato. Il petrolio viene riscaldato e condensato in più stadi in cosiddette colonne di rettifica, dove la temperatura scende a ogni stadio. Il condensato viene raccolto e, a seconda della temperatura di ebollizione, può rientrare in diversi gruppi di prodotti (ad es. benzina, cherosene, diesel, olio combustibile). I condensati e i residui della distillazione vengono ulteriormente trattati con procedimenti supplementari fino a raggiungere la qualità desiderata del prodotto grezzo. Ai prodotti grezzi vengono poi aggiunte altre sostanze, ad esempio per migliorare le caratteristiche di avviamento a freddo o per ridurre la tendenza al battito in testa (detonazione). Infine, i carburanti vengono adeguati alle norme vigenti in materia di tutela ambientale. Ad esempio, dai carburanti si eliminano i composti dello zolfo indesiderati.

L'utilizzo di benzina fossile porta a un aumento della concentrazione di CO₂ nell'atmosfera, poiché il carbonio presente nella benzina viene trasformato in biossido di carbonio (CO₂), sostanza che, una volta immessa nell'atmosfera, impatta sul clima.

La benzina biosintetica viene tipicamente prodotta da metanolo rinnovabile. Il metanolo è un alcool semplice con la formula CH₃OH. Per produrlo in una prima fase si genera, partendo dalla gassificazione del legno (o altra biomassa secca) idrogeno (H₂), monossido di carbonio (CO) e anidride carbonica (CO₂), che vengono poi convertiti in metanolo mediante un processo di sintesi catalitica. Il metanolo rinnovabile viene poi trasformato in un prodotto simile alla benzina in una fase successiva, denominata «processo Methanol to Gasoline». Il metanolo (CH₃OH) viene decomposto in etere dimetilico e acqua (CH₃OCH₃ + H₂O). L'etere dimetilico e il metanolo reagiscono con un'ulteriore formazione di acqua per formare olefine

leggere (idrocarburi insaturi) come l'etene (C_2H_4), il propene (C_3H_6) e il butene (C_4H_8). Questi vengono poi trasformati in idrocarburi a catena più lunga mediante un processo di oligomerizzazione. I catalizzatori e le condizioni di reazione devono essere scelti in modo da ottenere una miscela simile alla benzina di paraffine (idrocarburi saturi), cicloalcani (idrocarburi saturi a struttura anulare) e aromatici (idrocarburi polinsaturi a struttura anulare). Trasformando il metanolo in una miscela simile alla benzina attraverso l'etere dimetilico si produce anche metil-t-butil etere (MTBE), aggiunto anche alla benzina fossile (anche se tipicamente deriva da metanolo di origine fossile) per la sua funzione antidetonante. Un tenore di MTBE leggermente più elevato è quindi una caratteristica intrinseca della benzina biosintetica. Questo è anche il motivo per cui la benzina biosintetica presenta sistematicamente un numero di ottano elevato.

Rispetto alla benzina fossile, l'utilizzo della benzina biosintetica porta a un aumento significativamente inferiore di concentrazione di CO_2 nell'atmosfera, poiché la stessa quantità di CO_2 generata dall'utilizzo della benzina biosintetica è stata precedentemente prelevata dall'atmosfera dalla fonte biogenica (ad esempio il legno) durante la sua crescita tramite la fotosintesi. Solo le emissioni associate alla conversione della biomassa in metanolo e benzina biosintetica portano a un aumento della concentrazione di CO_2 nell'atmosfera.

Per i due suddetti carburanti sono state commissionate a Intertek Schweiz AG analisi dei carburanti in base alle attuali norme per benzina «senza piombo 98» classe A (SN EN 228:2012+A1:2017). I risultati sono illustrati di seguito. Poiché il metanolo può essere prodotto anche da fonti fossili, il che non comporterebbe una riduzione complessiva dell'inquinamento da CO_2 rispetto alla benzina fossile, è stato determinato anche il tenore di carbonio non fossile per la benzina biosintetica. Ciò è stato fatto misurando l'isotopo radioattivo carbonio-14 (^{14}C) secondo il metodo ASTM D6866-21. Gli isotopi sono varianti di elementi chimici (ad es. il carbonio) che hanno un numero uguale di protoni nel nucleo dell'atomo, ma un numero diverso di neutroni. Oltre ai due isotopi stabili, il carbonio contiene anche l'isotopo instabile ^{14}C formatosi nei processi naturali di fotosintesi, che ha un'emivita di quasi 6000 anni, motivo per cui viene analizzato ad esempio per la determinazione dell'età in archeologia.

A causa dell'età avanzata delle fonti energetiche fossili, nel loro carbonio l'isotopo ^{14}C originariamente presente è soggetto a decadimento, mentre nel caso del carbonio biogenico, molto più giovane, questo isotopo viene continuamente riprodotto nella fotosintesi ed è quindi ancora presente. Ciò significa che la quota di carbonio giovane o rinnovabile può essere identificata in base alla quota ^{14}C .

Nel caso dei carburanti rinnovabili, si distingue se possono essere miscelati o meno con i carburanti fossili in qualsiasi proporzione. In questo caso si parla di carburanti «drop-in». Questi devono rispettare le specifiche per i combustibili fossili stabilite dalla legislazione per essere considerati equivalenti ai carburanti fossili. Pertanto, per i carburanti drop-in non è necessaria un'approvazione del costruttore del veicolo. La benzina biosintetica qui in esame è un carburante drop-in.

Le specifiche principali dei due carburanti sono riassunte nella Tabella 1:

| Fossiles Referenzbenzin | | Biosynthetisches Vergleichsbenzin | |
|--|----------------------------|--|----------------------------|
| ROZ | 98.8 [-] | ROZ | 97.7 [-] |
| MOZ | 88.3 [-] | MOZ | 87.2 [-] |
| Dichte (15°C) | 749.4 [kg/m ³] | Dichte (15°C) | 760.5 [kg/m ³] |
| Bleigehalt | <5 [mg/kg] | Bleigehalt | <5 [mg/kg] |
| Schwefelgehalt | 4.8 [mg/kg] | Schwefelgehalt | <1 [mg/kg] |
| <i>HC-Gruppen</i> | | <i>HC-Gruppen</i> | |
| Olefine | 7.6 %(V/V) | Olefine | 3.8 %(V/V) |
| Aromaten | 31.1 %(V/V) | Aromaten | 31.2 %(V/V) |
| Benzol | 0.57 %(V/V) | Benzol | 0.19 %(V/V) |
| Sauerstoff | 2.0 %(m/m) | Sauerstoff | 3.6 %(m/m) |
| Methanol | 0.13 %(V/V) | Methanol | 0.13 %(V/V) |
| Ethanol | 0.17 %(V/V) | Ethanol | <0.01 %(V/V) |
| MTBE | 6.64 %(V/V) | MTBE | 17.96 %(V/V) |
| ETBE | 4.41 %(V/V) | ETBE | 1.86 %(V/V) |
| Summe Ether (nC>=5) | 11.07 %(V/V) | Summe Ether (nC>=5) | 19.84 %(V/V) |
| <i>Siedeanalyse</i> | | <i>Siedeanalyse</i> | |
| Beginn (>0%) | 34.6 °C | Beginn (>0%) | 37.9 °C |
| 10% verdampft | 57.8 °C | 10% verdampft bis | 55 °C |
| 20% verdampft | 67.6 °C | 20% verdampft bis | 61.3 °C |
| 50% verdampft | 99.3 °C | 50% verdampft bis | 92.7 °C |
| 90% verdampft | 149.3 °C | 90% verdampft bis | 177.6 °C |
| Siedeende | 189.3 °C | Siedeende | 204.9 °C |
| bis 70° C verdampft | 24.4 %(V/V) | bis 70° C verdampft | 34.4 %(V/V) |
| bis 100° C verdampft | 52.7 %(V/V) | bis 100° C verdampft | 55.5 %(V/V) |
| bis 150° C verdampft | 92.2 %(V/V) | bis 150° C verdampft | 76.1 %(V/V) |
| <i>Elementaranalyse</i> | | <i>Elementaranalyse</i> | |
| Kohlenstoff | 84.8 %(m/m) | Kohlenstoff | 84.1 %(m/m) |
| Wasserstoff | 12.7 %(m/m) | Wasserstoff | 11.7 %(m/m) |
| Summe (inkl. Sauerstoff O ₂) | 99.5 %(m/m) | Summe (inkl. Sauerstoff O ₂) | 99.4 %(m/m) |
| Heizwert (Hu) | 42.23 MJ/kg | Heizwert (Hu) | 41.74 MJ/kg |
| Anteil des nicht-fossilen Kohlenstoffs | - % | Anteil des nicht-fossilen Kohlenstoffs | 87 % |

Tabella 1: Specifiche dei tipi di benzina utilizzati
(V/V = concentrazione volumetrica; m/m = percentuale di massa)

Il confronto delle analisi dei carburanti evidenzia differenze significative solo per quanto riguarda il tenore di ossigeno e quello di MTBE (in grigio nella Tabella 1). In entrambi i casi, la benzina biosintetica presenta valori nettamente superiori rispetto alla benzina fossile di riferimento. Il tenore di ossigeno nella benzina biosintetica è circa il doppio rispetto alla benzina fossile di riferimento ed è legato alla percentuale più elevata di MTBE, poiché l'MTBE è un composto contenente ossigeno. L'MTBE non è tossico a basse concentrazioni, ma ha un odore intenso ed è idrosolubile. Negli anni 2000, quindi, soprattutto negli Stati Uniti, si temeva che l'MTBE potesse penetrare nelle falde acquifere a causa di perdite da stazioni di rifornimento e veicoli, rendendole inadatte al consumo a causa dell'odore di trementina. Tale timore, tuttavia, non si è concretizzato¹. L'MTBE inizialmente viene scomposto solo lentamente nell'acqua, poiché i batteri che scompongono tali impurità devono prima adattarsi ad esso. Oggi l'MTBE nell'acqua potabile non è più un problema.

Mentre la benzina fossile di riferimento soddisfa tutte le specifiche, il Research Octane Number (RON o ROZ nella sigla tedesca) della benzina biosintetica di riferimento con 97,7 ottani in questa singola analisi è leggermente inferiore alla specifica (almeno 98,0 ottani). Tuttavia, il Motor Octane Number (MON o MOZ nella sigla tedesca) rispetta le specifiche. Il RON descrive il potere antidetonante del carburante con motore a freddo e a bassa temperatura, mentre il MON indica il potere antidetonante ad alta temperatura e a regimi elevati. Tuttavia, lo scostamento del RON è talmente basso che non ci si può attendere alcun

¹ Chiarimento del dicembre 2022 con il Prof. Dr. Mario Schirmer, dipartimento Wasserressourcen & Trinkwasser (Risorse idriche e acqua potabile) dell'EAWAG

effetto misurabile o sensibile durante il funzionamento del veicolo. Questo soprattutto perché i motori delle auto d'epoca sono tipicamente progettati per tipi di benzina a 91 o 95 ottani.

Per la corretta formazione della miscela, nei veicoli con motori senza regolazione della detonazione e/o sonda lambda, che spesso è il caso dei veicoli d'epoca, oltre alla resistenza alla detonazione del carburante è importante anche il potere calorifico volumetrico. Se fossero riscontrate tali differenze rispetto alla benzina fossile, potrebbero essere necessari adeguamenti del carburatore o della calibrazione del sistema di iniezione, il che limiterebbe notevolmente l'uso della benzina biosintetica. Nella fattispecie, tuttavia, il potere calorifico volumetrico di entrambi i carburanti è pressoché identico, per cui non si prevede alcun influsso sul comportamento del veicolo in termini di risposta o prestazioni.

Oltre alla composizione, nell'utilizzo reale gioca un ruolo importante anche il comportamento all'ebollizione dei carburanti. Questo influisce sulla preparazione della miscela, sul comportamento all'avviamento e sulla combustione stessa. Le curve di riscaldamento dei due carburanti sono rappresentate nella Figura 2. Sono interessanti sia la percentuale di carburanti vaporizzati a una determinata temperatura sia l'inizio e la fine dell'ebollizione.

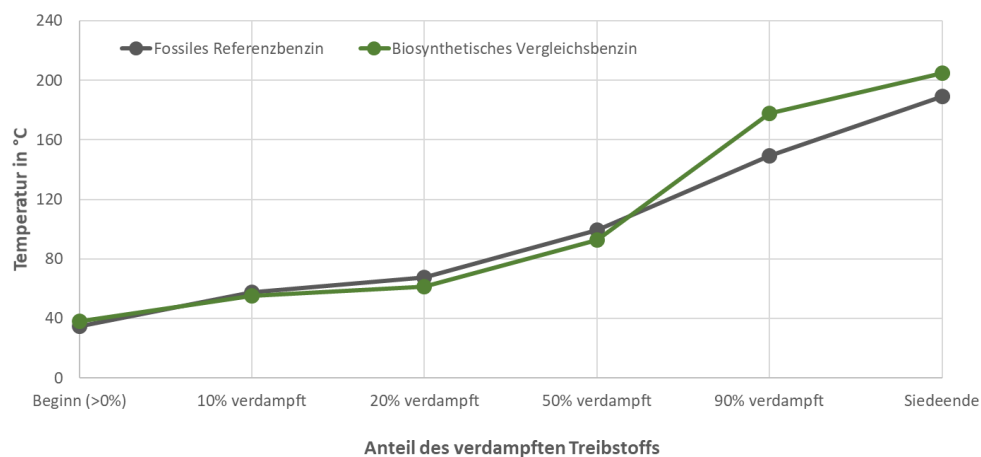


Figura 2: andamento del riscaldamento della benzina fossile di riferimento (grigio) e della benzina biosintetica di riferimento (verde)

Nel confronto, sia il carburante fossile di riferimento che la benzina biosintetica mostrano un comportamento molto simile. Fino a 100 °C la quantità vaporizzata nella benzina biosintetica e nella benzina fossile è pressoché identica. Questa zona è particolarmente importante per il comportamento all'avviamento e la formazione della miscela nel carburatore. A partire da 100 °C fino alla fine dell'ebollizione, la percentuale di benzina biosintetica vaporizzata rimane leggermente inferiore rispetto a quella della benzina fossile di riferimento. Tuttavia, le differenze sono minime e rientrano nelle specifiche pertinenti per entrambi i carburanti. Pertanto, non ci si devono aspettare differenze sensibili né nel comportamento all'avviamento né in caso di funzionamento a temperature più elevate del carburante.

Osservazione

Per il riconoscimento come «biocarburante» ai sensi dell'art. 2 cpv. 3 lett. d della Legge federale sull'imposizione degli oli minerali, oltre alla base energetica rinnovabile, devono essere rispettati anche altri requisiti ecologici e sociali disciplinati dall'ordinanza sull'imposizione degli oli minerali, art. 19. I carburanti rinnovabili che rispettano tali requisiti possono essere esentati in tutto o in parte dall'imposta

sugli oli minerali. Non è stato oggetto delle prove stabilire se il combustibile biosintetico qui utilizzato soddisfa tali requisiti.

3. **Compatibilità dei materiali**

3.1 Oggetti sottoposti al test

La compatibilità dei materiali è stata studiata su caratteristici componenti e materiali di tenuta che conducono il carburante, proprio come quelli utilizzati nei veicoli d'epoca. Sono stati definiti in accordo con AMAG Classic e da quest'ultima messi a disposizione. È stata inoltre analizzata la compatibilità con due additivi per carburante messi a disposizione da AMAG Classic. Questi additivi vengono utilizzati regolarmente nei veicoli d'epoca per evitare depositi o residui nel sistema del carburante che possono formarsi a causa dei lunghi tempi di fermo. Infine è stata studiata anche la compatibilità con un additivo sostituto del piombo. I sostituti del piombo vengono miscelati con carburanti senza piombo per garantire l'effetto lubrificante che svolgeva il piombo nei tipi di benzina usati in precedenza. In passato, la benzina veniva miscelata con piombo sotto forma di piombo tetraetile, che fungeva da elemento protettivo contro l'usura nei motori di vetture prive di sedi delle valvole temprate. Il piombo tetraetile, inoltre, aveva una funzione antidetonante.

Gli additivi sono stati miscelati con la benzina biosintetica nel rapporto di miscelazione prescritto dal produttore e in un notevole sovradosaggio (5 e 50 volte), quest'ultimo per rappresentare anche il caso limite di una gestione errata.

La Tabella 2 mostra i componenti analizzati.

| Prüfobjekte | Untersuchung |
|-------------------------------------|---|
| Dichtung Vergaser | Tauchversuch fossil und biosynth. Benzin |
| Dichtung Tankgeber | Tauchversuch fossil und biosynth. Benzin |
| Vergaserschwimmer | Tauchversuch biosynth. Benzin |
| Kraftstofffilter (Kunststoff) | Tauchversuch biosynth. Benzin |
| Diverse Schläuche (Tanksystem) | Tauchversuch biosynth. Benzin |
| Vergaser / Benzinpumpe | Tauchversuch biosynth. Benzin |
| Tankgeber inkl. Schwimmer (3 Typen) | Tauchversuch biosynth. Benzin |
| Tank | Tauchversuch biosynth. Benzin |
| Vergaser / Benzinpumpe | Offenversuch fossil und biosynth. Benzin |
| Liqui Moly "Injection Reiniger" | 4.2 ml/Liter und Überdosierung 1:5 im Testkraftstoff |
| Liqui Moly "MTX Vergaser Reiniger" | 4.2 ml/Liter und Überdosierung 1:5 im Testkraftstoff |
| Motorex "Valve Guard" | 1 ml/Liter und Überdosierung 5-fach im Testkraftstoff |

Tabella 2: panoramica dei componenti esaminati dal punto di vista della compatibilità dei materiali

3.2 Configurazione del test

Per verificare la compatibilità dei materiali è stata creata una configurazione del test semplice che consente di conservare e manipolare in modo sicuro i materiali e i componenti di tenuta nel carburante. La Figura 3 illustra la configurazione del test dei campioni. Nelle immagini si vedono i flaconi dei campioni e i contenitori per i test a immersione, nonché il test aperto supplementare con serbatoio di carburante, pompa della benzina e carburatore. Questo test aperto ha lo scopo di riprodurre la disposizione generale nel veicolo e di mostrare se si verificano eventuali perdite. Il serbatoio di riserva è stato posizionato un po' più in alto per ridurre la pressione nei componenti, in modo che in caso di difetti di tenuta il carburante potesse fuoriuscire in modo riconoscibile. I componenti esaminati non erano pezzi nuovi, il che corrisponde allo scenario più probabile per un passaggio al carburante sintetico anche nel caso di utilizzo reale.



Figura 3: configurazione del test per le prove sulla compatibilità dei materiali
(il flacone #3 contiene benzina biosintetica e il flacone #3.2 o #4.2 benzina fossile)

Sulla base dei risultati delle analisi dei carburanti e dell'ampia corrispondenza nella composizione e nelle proprietà di entrambi i tipi di carburante, è stato scelto un metodo semplice per analizzare la compatibilità dei materiali. Esso prevede di collocare gli oggetti sottoposti al test nella benzina biosintetica di riferimento e/o nella benzina fossile di riferimento. Le guarnizioni sono state immerse in entrambi i carburanti, gli altri oggetti sottoposti al test solo nella benzina biosintetica di riferimento.

Nel complesso, gli oggetti sottoposti al test sono stati conservati nel rispettivo carburante per un periodo di 12 mesi. Gli oggetti sono stati prelevati dal carburante a intervalli regolari per un tempo di asciugatura di 24 ore, per essere misurati e pesati. Quest'operazione è avvenuta all'inizio e alla fine del periodo d'osservazione e in due occasioni intermedie. In questo modo si sarebbero dovute rilevare eventuali deformazioni dovute a rigonfiamenti o restringimenti, effetti di dissoluzione o corrosione.

3.3 Risultati delle prove sulla compatibilità dei materiali

In generale, si può affermare che nel periodo di osservazione di 12 mesi sono state osservate solo variazioni minime negli oggetti sottoposti al test. Di seguito vengono descritti in dettaglio i risultati dei diversi gruppi di componenti.

a) Guarnizioni carburatore, indicatore di livello serbatoio

Le guarnizioni del carburatore analizzate sono costituite da materiale di tenuta impregnato a base di fibre di cellulosa legate con collante (carta per guarnizioni). Le guarnizioni in gomma dell'indicatore di livello serbatoio sono realizzate in elastomeri resistenti all'olio e al carburante. Per quanto riguarda i materiali di tenuta, ci si deve attendere un certa tendenza al rigonfiamento anche a contatto con la benzina fossile. Pertanto, questi materiali sono stati immersi sia nella benzina fossile di riferimento che nella benzina biosintetica di riferimento, registrando le variazioni. Per i materiali di tenuta a base di cellulosa, i fabbricanti dichiarano come normale un aumento dello spessore in olio o benzina fino al 5% o un aumento della massa del 15-20%. Un simile rigonfiamento non pone problemi. Lo stesso vale per le guarnizioni in elastomero in caso di tenuta statica (nessuna tenuta contro parti in movimento). I rigonfiamenti tendono a scomparire non appena i composti solubili della benzina o dell'olio assorbiti dal materiale di tenuta vengono nuovamente vaporizzati. Nel caso delle guarnizioni in elastomero, tuttavia, spesso una parte dei composti del carburante o dell'olio rimane nel materiale.

Un rigonfiamento eccessivo delle guarnizioni in gomma può danneggiare la matrice elastomerica e influenzarne la resistenza. Se i solventi hanno rimosso i plastificanti di un materiale elastomerico, in casi particolari è possibile anche un restringimento. Questo comporta, naturalmente, cambiamenti delle proprietà del materiale e la funzione di tenuta potrebbe non essere più rispettata. Misurando diametro/lunghezza, spessore e peso delle guarnizioni, è possibile rilevare eventuali cambiamenti del materiale a contatto con il carburante sottoposto al test.

I risultati indicano che l'immersione nella benzina biosintetica suddetta non ha comportato differenze significative in termini di dimensioni e massa rispetto all'immersione nella benzina fossile. Pertanto, usando benzina biosintetica non si prevedono limitazioni funzionali delle guarnizioni esaminate.

b) Parti in plastica (galleggiante del carburatore, filtro benzina, tappo del serbatoio)

Molti componenti, come il tappo del serbatoio, il galleggiante del carburatore e il corpo del filtro benzina, presenti soprattutto nelle vetture d'epoca più recenti, sono realizzati in plastica. I componenti in plastica possono essere ammorbiditi superficialmente o totalmente dai composti della benzina, perdendo così la loro resistenza, forma o funzionalità.



Figura 4: componenti in plastica esaminati per accertare la compatibilità del carburante

Nei componenti esaminati, non sono stati rilevati cambiamenti tattili o visivi durante il periodo di osservazione e il loro contatto con il carburante oggetto del test non è stato considerato problematico.

c) Tubi del carburante

Al loro interno, i tubi del carburante sono costantemente a contatto con il carburante e sono quasi sempre realizzati interamente con materiali resistenti al carburante. Durante le prove è stata osservata una leggera deformazione dello strato esterno di uno dei tubi. Questo tubo viene utilizzato nell'area del bocchettone del serbatoio. È costituito da una parte interna che conduce il carburante e da uno strato esterno che non è a contatto con il carburante nell'utilizzo reale. Non si dispone di informazioni sulla struttura del tubo, ma si può presumere che esso sia costituito da materiale resistente al carburante solo nella parte interna.

Tutti gli altri campioni di tubo non hanno evidenziato anomalie. Tuttavia, è stato rilevato un leggero scurimento del carburante biosintetico rispetto alla benzina fossile (Figura 5). Ciò è probabilmente dovuto allo stato di consegna dei tubi puliti, ma usati.

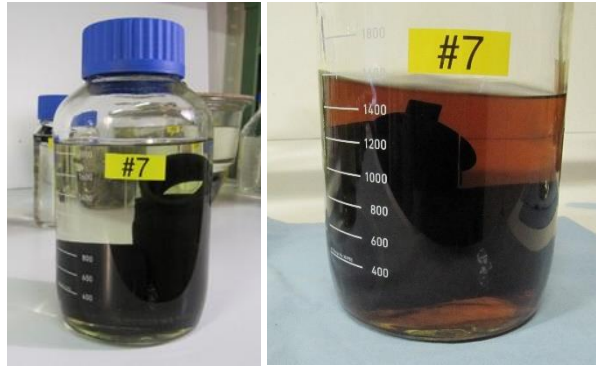


Figura 5: campioni di tubo senza (a sinistra) e con scurimento della benzina biosintetica (a destra)

d) Indicatore livello serbatoio, pompa del carburante, carburatore e test aperto carburatore, serbatoio

Una pompa della benzina, un carburatore e diversi indicatori di livello serbatoio sono stati immersi nella benzina biosintetica (Figura 6 e Figura 7). Parallelamente, una pompa della benzina e un carburatore sono stati collegati tra loro con tubi per benzina, per simulare la disposizione e la bagnatura con il carburante che avvengono nella situazione di montaggio del veicolo. L'indicatore di livello serbatoio immerso nel carburante è stato controllato regolarmente per accertare che il galleggiante in plastica mantenesse inalterata la sua funzione.

Non sono state riscontrate modifiche nei componenti esposti alla benzina biosintetica. Anche in questo caso, dopo un certo periodo di tempo, è stata osservata una leggera modifica del colore del carburante biosintetico (Figura 6). Anche questi componenti sono stati consegnati puliti ma usati. Come illustrato sopra, la benzina biosintetica presenta una percentuale più elevata di MTBE, che a causa della sua struttura molecolare ha una solubilità leggermente superiore rispetto alla benzina fossile. La modifica del colore osservata è riconducibile a questo e si inserisce quindi nel quadro degli effetti attesi della benzina biosintetica, anche se l'effetto è stato molto limitato. La prova finale dei componenti non ha permesso di rilevare segni di distacco, danni, tracce di corrosione o altre alterazioni del materiale.



Figura 6: prova indicatore livello serbatoio, pompa della benzina e carburatore nel test con immersione (a sinistra e al centro)
e dopo la conclusione della prova

Risultati analoghi sono stati ottenuti nel test aperto del carburatore e della pompa della benzina. Nel periodo di osservazione non si sono verificate perdite. I carburatori e le pompe della benzina immersi nella benzina biosintetica non hanno mostrato particolari danni o corrosione, analogamente agli indicatori livello serbatoio, ma anche qui è stato osservato un leggero cambiamento di colore della benzina biosintetica, cfr. Figura 7.



Figura 7: carburatore/pompa della benzina

Oltre ai suddetti componenti più piccoli per l'alimentazione della benzina, anche un serbatoio per benzina in lamiera d'acciaio, comune nei veicoli d'epoca, è stato parzialmente riempito con benzina biosintetica. Anche questo non ha mostrato segni di corrosione o altre alterazioni visibili delle pareti interne al termine del periodo di osservazione di 12 mesi.

e) Stabilità a lungo termine degli additivi per carburanti

Nel periodo di circa 12 mesi qui considerato, non è stata osservata alcuna decomposizione, precipitazione o alterazione della colorazione dei campioni rispetto allo stato iniziale. Si può pertanto ritenere che tali additivi per carburanti possano continuare ad essere utilizzati con la benzina biosintetica.

4. Analisi delle emissioni dei gas di scarico

4.1 Veicolo di prova e configurazione del test

Come veicolo di prova per le analisi dei gas di scarico è stato utilizzato un veicolo di pool dell'Empa. Si trattava di una Volkswagen Jetta Hybrid (Figura 8). La vettura presenta un sistema di propulsione con catalizzatore a 3 vie e controllo elettronico del motore decisamente più moderno rispetto alle vetture d'epoca tipiche. Per analisi dei gas di scarico comparabili è tuttavia importante un comportamento stabile in termini di emissioni, che è stato possibile garantire con il veicolo in questione.



Figura 8: veicolo di prova per analisi dei gas di scarico

Il serbatoio della benzina è stato svuotato prima delle misurazioni e riempito con il carburante oggetto del test corrispondente. Prima delle misurazioni, il veicolo è stato guidato per alcuni chilometri sul banco prova a rulli in diverse fasce di carico e numero di giri.

Le misurazioni sono state effettuate su un banco prova a rulli a un asse dell'Empa. Il setup dell'analisi dei gas di scarico è illustrato nella Figura 9.

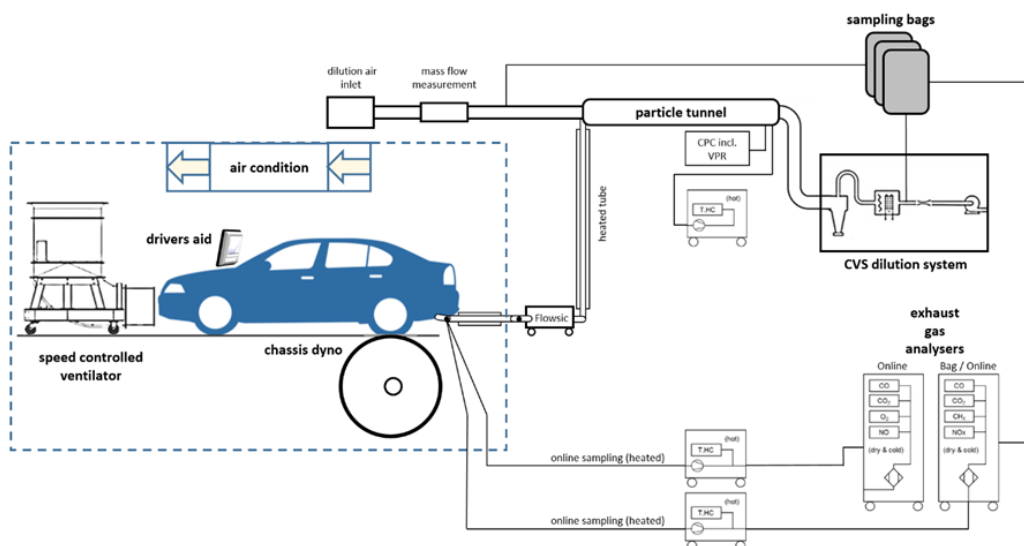


Figura 9: configurazione del veicolo sul banco prova a rulli per le analisi dei gas di scarico

Il comportamento a livello di gas di scarico è stato determinato per ogni carburante in tre misurazioni WLTP consecutive (WLTP = World-wide Harmonized Light Duty Test Procedure). Ogni misurazione comprende 3 fasi. Per evitare dispersioni dei risultati durante l'avviamento a freddo, le misurazioni sono state avviate con motore a temperatura di esercizio (temperatura dell'olio motore > 80 °C).

4.2 Risultati

I seguenti diagrammi mostrano i valori medi delle tre misurazioni dei gas di scarico WLTP. Le barre indicano il valore più alto e più basso misurato. Il rosso rappresenta i risultati con la benzina fossile di riferimento, il blu quelli con la benzina biosintetica.

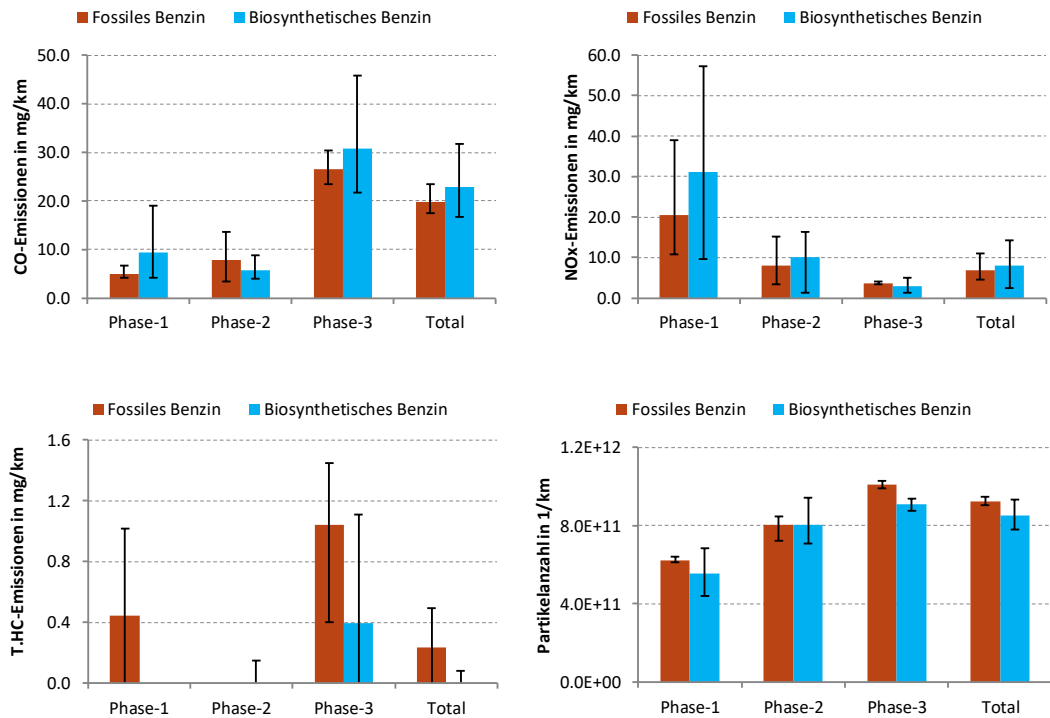


Figura 10: risultati delle misurazioni dei gas di scarico WLTP con motore a temperatura di esercizio

I valori misurati sono molto bassi in tutte le misurazioni. Le emissioni dei gas di scarico della benzina biosintetica non si differenziano significativamente da quelle della benzina fossile di riferimento. Per quanto riguarda le emissioni di particolato, nella fase 3 (guida in autostrada) si osserva una leggera tendenza alla riduzione delle emissioni. Ciò potrebbe essere dovuto all'aumento del contenuto di ossigeno nel carburante biosintetico. Le differenze sono tuttavia minime.

Contemporaneamente alle emissioni dei gas di scarico viene determinato anche il consumo di carburante.

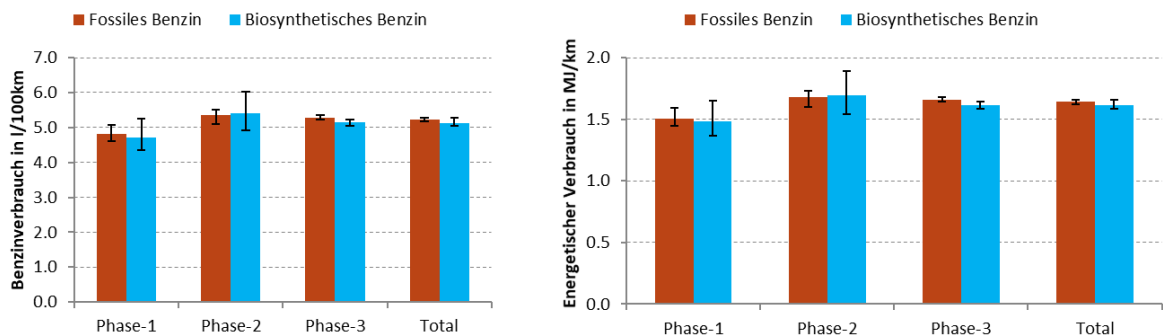


Figura 11: Risultati delle misurazioni dei consumi WLTP con motore a temperatura di esercizio

Come per le emissioni dei gas di scarico, i risultati con entrambi i carburanti non mostrano differenze misurabili sia in termini di consumo volumetrico di benzina che di consumo energetico.

5. Misurazione della potenza alle ruote

5.1 Veicolo di prova e configurazione del test

Come veicolo di prova per la misurazione della potenza alle ruote è stato utilizzato un veicolo d'epoca di AMAG Classic. Si trattava di una Volkswagen Golf I come da Figura 12.



| Testfahrzeug für Leistungsmessungen | |
|-------------------------------------|----------------------|
| Marke: | Volkswagen |
| Modelbezeichnung: | Golf |
| VIN: | 178 342 861 0 |
| Hubraum: | 1457 cm ³ |
| Leistung: | 52 kW |
| Drehmoment: | 250 Nm |
| 1. Inverkehrsetzung: | 16.05.1978 |
| Motorcode: | JB |
| Abgasgenehmigung: | 74/290 EWG |
| TG-Nr. CH | 0852 92 |
| ECU Typ: | - - - |

Figura 12: veicolo di prova per misurazioni di potenza

Il serbatoio del carburante è stato svuotato prima delle misurazioni e riempito con i rispettivi carburanti di prova.

Sul banco di prova a rulli il veicolo è stato sottoposto a una misurazione della potenza statica e dinamica con entrambi i carburanti.

Per la misurazione statica della potenza alle ruote, il banco di prova è stato impostato a una velocità costante di 50 km e la vettura è stata impostata a pieno carico per 15 secondi in terza marcia. La potenza alle ruote è stata definita come valore medio tra 2 e 14 secondi. È stata scelta la velocità di 50 km perché l'accelerazione a partire da 50 km corrisponde a una situazione di guida abituale in Svizzera.

Per la misurazione dinamica della potenza alle ruote, il banco di prova a rulli è stato impostato su una resistenza all'avanzamento superiore alla resistenza all'avanzamento stradale del veicolo. Di conseguenza, il gradiente di accelerazione è più piatto di quello che avverrebbe su strada, il che offre vantaggi in termini di precisione di misurazione. In primo luogo, a causa del comportamento lento in fase di accelerazione, si hanno a disposizione più punti di misurazione per unità di tempo e, in secondo luogo, il riempimento del motore corrisponde più a quello di un carico costante. Per determinare la potenza alle ruote, il veicolo è stato accelerato a tutto gas per 3 volte consecutive in terza marcia a partire da 40 km fino a raggiungere un regime di 6000 giri/min. È stata così misurata e calcolata la forza di trazione. La terza marcia è stata scelta per non esporre il veicolo ad alte velocità non necessarie, come sarebbe avvenuto in quarta marcia.

5.2 Risultati della misurazione statica della potenza alle ruote

Con entrambi i carburanti il veicolo ha raggiunto pressoché la stessa potenza statica alle ruote (Figura 13). Il valore medio delle 3 misurazioni effettuate durante ciascun rilevamento della durata di 12 secondi è di 20,9 kW per la benzina biosintetica e di 21,1 kW per la benzina fossile di riferimento. Lo scostamento è quindi dell'1%, che rientra nella precisione di misurazione.

La Figura 5 mostra in rosso la misurazione della potenza alle ruote con la benzina fossile di riferimento, mentre in blu la misurazione della potenza alle ruote con la benzina biosintetica. I punti corrispondono al valore medio delle tre misurazioni consecutive, le linee rosse e blu rappresentano la media mobile.

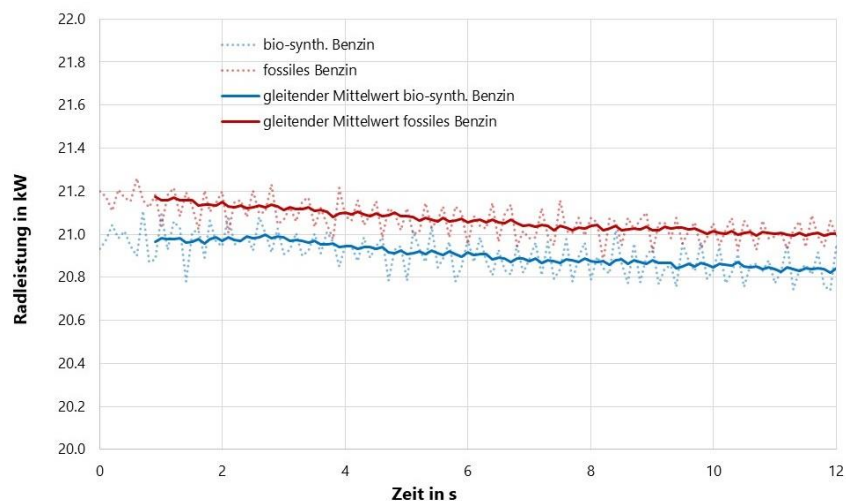


Figura 13: risultati delle misurazioni statiche della potenza alle ruote

5.3 Risultati della misurazione dinamica della potenza alle ruote

La misurazione dinamica della potenza alle ruote (Figura 14) non evidenzia alcuna differenza tra i due carburanti; la potenza massima misurata, media delle tre accelerazioni, è in entrambi i casi esattamente di 40,9 kW. La Figura 14 mostra tutte e sei le misurazioni dinamiche della potenza (3 per carburante).

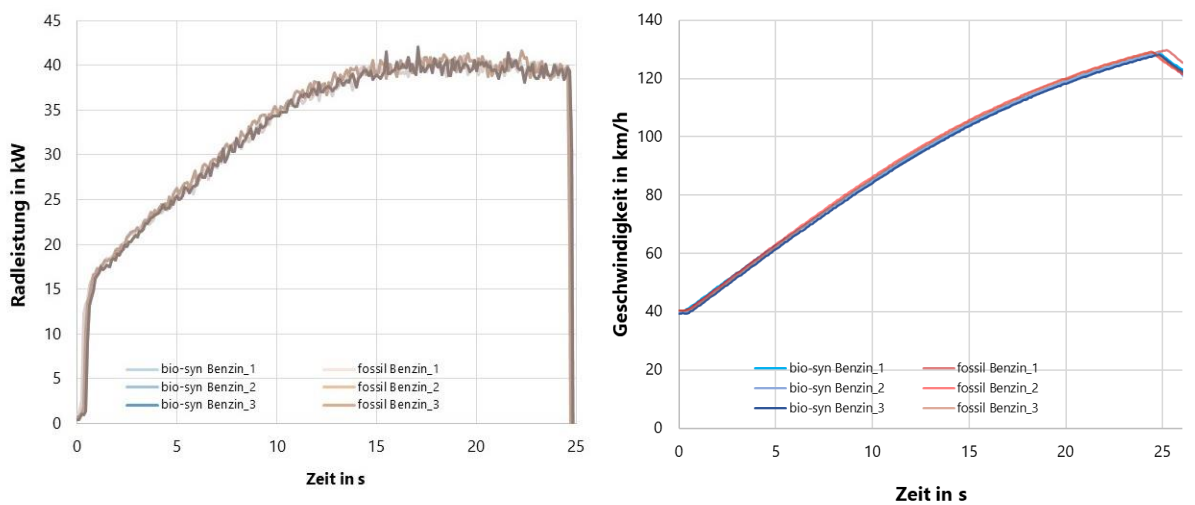


Figura 14: risultati delle misurazioni dinamiche della potenza alle ruote (sinistra) e dell'accelerazione a pieno carico (a destra)

Queste misurazioni non sono misurazioni di potenza regolamentate, bensì misurazioni comparative in condizioni definite. Tenendo conto delle perdite nel gruppo motopropulsore e delle correzioni necessarie della pressione dell'aria e della temperatura effettuate nelle misurazioni della potenza del motore, i valori misurati corrispondono comunque abbastanza esattamente alla potenza dichiarata del motore di questa vettura, pari rispettivamente a 70 CV e 51 kW.

6. Prove su strada

6.1 Veicoli di prova

Per le prove su strada sono state selezionate due auto d'epoca del parco veicoli AMAG Classic (Figura 15). Si tratta di una Chrysler Valiant con un motore 6 cilindri da 3,7 litri, testata in ghisa grigia, blocco motore in ghisa grigia e prima immatricolazione nel 1971 (a sinistra) e di una Volkswagen Golf con motore 4 cilindri da 1,5 litri, testata in alluminio, blocco motore in ghisa grigia e prima immatricolazione nel 1978.



Figura 15: veicoli per le prove su strada

Le prove su strada sono iniziate rifornendo entrambi i veicoli con la benzina biosintetica. Sono seguiti giri di prova per un totale di 7 mesi (dalla primavera all'autunno 2023). Per entrambi i veicoli, i test prevedevano una combinazione di un massimo di 150 km di tragitti in autostrada e spostamenti brevi da 500 m a 15 km, intervallati da tempi di fermo prolungati, come spesso accade per i veicoli d'epoca. Sono state effettuate prove anche nell'arco alpino: ad esempio con la Chrysler Valiant in Engadina e sul passo Flüela.

Al volante sedevano collaboratori e collaboratrici di AMAG Classic che conoscevano bene le vetture di prova ed erano quindi in grado di classificare correttamente le impressioni di guida soggettive rispetto alla benzina fossile di riferimento. Poiché entrambi i veicoli fanno parte della flotta AMAG Classic già da tempo e il comportamento di guida era ben noto, è stato possibile fornire una valutazione affidabile. Sui due veicoli sono stati coinvolti conducenti diversi.

Per le prove su strada con benzina biosintetica non sono state apportate modifiche al motore o al veicolo, ad eccezione del passaggio a un olio motore di riferimento (Motorex Topaz 20W-50). Inoltre, l'olio motore (incluso il filtro dell'olio) è stato sostituito due volte, con un intervallo di esercizio breve. All'inizio delle prove su strada è stato prelevato un primo campione dell'olio motore da entrambi i veicoli.

Durante la fase del test, all'inizio delle prove su strada e successivamente dopo un percorso di circa 1000-1500 km sono stati controllati i seguenti punti:

- qualità dell'olio
- misurazione della concentrazione di monossido di carbonio nei gas di scarico al minimo e a 3000 giri/min
- controllo dello stato delle candele di accensione

6.2 Risultati delle prove su strada

a) Prove su strada

Sono stati percorsi complessivamente 3369 km con la Volkswagen Golf e 2862 km con la Chrysler Valiant. Queste percorrenze corrispondono all'incirca al chilometraggio annuo consentito per i veicoli contrassegnati come d'epoca nella licenza di circolazione (codice 180). Anche il periodo delle prove su strada tra la primavera e l'autunno corrisponde al loro periodo di utilizzo tipico.

Le seguenti osservazioni e impressioni provengono dalle o dai conducenti.

- Per la Volkswagen Golf sono stati consumati complessivamente 297,5 litri di benzina biosintetica. Ciò corrisponde a un consumo medio di 8,8 litri per 100 chilometri.
- Con la Chrysler Valiant sono stati consumati 443 litri di benzina biosintetica, che corrisponde a un consumo medio di 15,5 litri ogni 100 chilometri.
- Le prove su strada con benzina biosintetica non hanno evidenziato differenze percepibili in entrambi i veicoli rispetto al funzionamento con benzina fossile. In particolare, il comportamento nell'avviamento a freddo e nell'esercizio a caldo, l'accelerazione, la guida costante nel regime medio, la potenza disponibile e il consumo con il carburante oggetto del test sono rimasti invariati.
- Rispetto alla benzina fossile, in entrambi i veicoli è stato riscontrato un odore dei gas di scarico leggermente diverso, che tuttavia non è stato percepito come fastidioso. Non è stata effettuata alcuna analisi delle emissioni odorigene, in quanto ciò esulava dallo scopo del progetto. Si può tuttavia supporre che la composizione leggermente diversa della benzina o il contenuto leggermente più elevato di MTBE si riflettano anche negli idrocarburi non combustibili.
- Anche le misurazioni del monossido di carbonio al minimo e il controllo dello stato delle candele di accensione non hanno evidenziato anomalie.

b) Analisi dell'olio

Oltre alla lubrificazione, l'olio motore presenta anche altre importanti funzioni come la pulizia delle superfici o il raffreddamento e l'impermeabilizzazione dei componenti. Eventuali effetti sull'olio motore da parte di nuovi carburanti potrebbero influire su queste funzioni e quindi anche sulla durata di vita dei motori.

Per chiarire se il passaggio dalla benzina fossile alla benzina biosintetica influisce sull'olio motore, durante le prove su strada sono stati prelevati in totale tre campioni d'olio da entrambi i veicoli: uno dopo 40 km, un secondo dopo circa 1500 km e un terzo dopo circa 3000 km. Questi sono stati esaminati nel laboratorio lubrificanti di Motorex per quanto riguarda le proprietà fisiche quali densità, viscosità, comportamento di ebollizione/punti di infiammabilità, ossidazione tramite IR, elementi di usura e proprietà chimiche quali il total base number (TBN) o il total acid number (TAN), che caratterizzano la capacità di assorbimento degli acidi dell'olio motore e quindi il suo stato di invecchiamento. Inoltre, è stata analizzata tutta una serie di sostanze proprie ed estranee all'olio per fornire interpretazioni significative sulla qualità dell'olio e sulla lubrificazione del motore dei due veicoli di prova. I risultati sono stati confrontati con l'olio nuovo impiegato nei veicoli.

Riassumendo, le variazioni percentuali sono le seguenti, in cui l'olio nuovo è rappresentato al 100% (Figura 16):

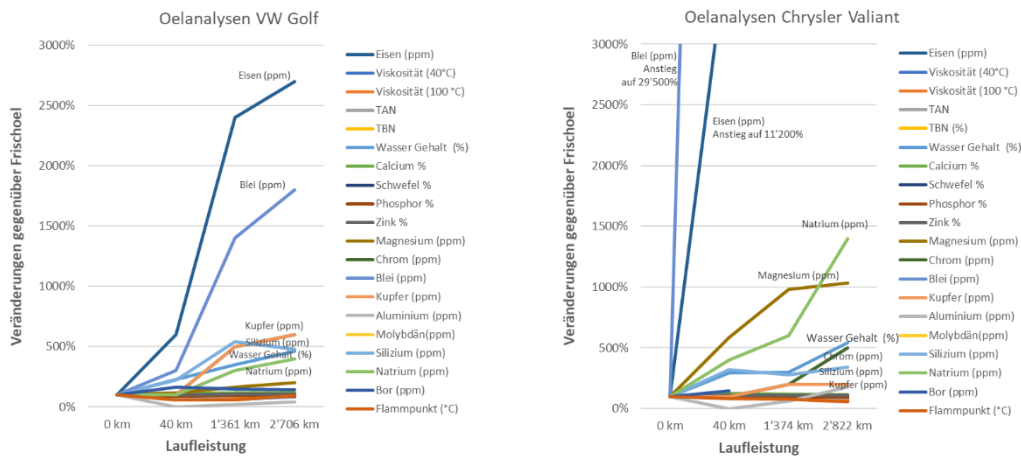


Figura 16: risultati delle analisi dell'olio della Volkswagen Golf (a sinistra) e della Chrysler Valiant (a destra); per tenere di ferro e piombo, cfr. anche Figura 18

Le analisi dell'olio hanno rivelato un comportamento complessivamente non critico. Solo la diminuzione della viscosità in entrambi i veicoli e il forte aumento dei valori di ferro e piombo della Chrysler Valiant sono stati oggetto di un'ulteriore interpretazione e analisi per assicurarsi che nessun effetto venisse trascurato.

▪ Viscosità dell'olio motore

Entrambi i veicoli hanno evidenziato un calo della viscosità (Figura 17). Se la viscosità diminuisce eccessivamente, potrebbe non essere più possibile garantire ovunque un adeguato film lubrificante.

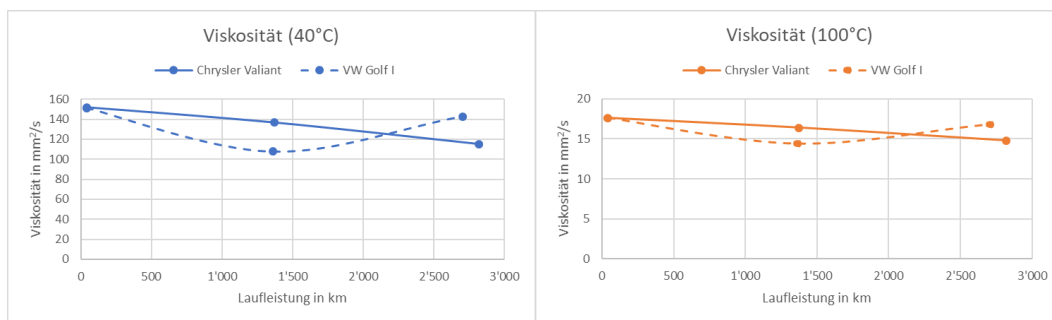


Figura 17: andamento della viscosità dell'olio motore in base al chilometraggio

Il calo di viscosità può essere spiegato con la diluizione dell'olio motore per mezzo della benzina, che penetra nell'olio motore con i gas di blowby (flusso di miscela carburante/aria incombusta dalla camera di combustione attraverso le fasce elastiche del pistone fino al basamento). A causa della mancanza di confronti tra i veicoli con benzina fossile, non è disponibile un parametro di riferimento diretto, ma si può affermare che una diminuzione della viscosità dovuta alla diluizione della benzina è normale in questa misura per i veicoli d'epoca e può essere considerata non critica. In linea con ciò, i punti di infiammabilità di oltre 200 °C per l'olio nuovo sono scesi a circa 115 °C in entrambi i veicoli; nella Chrysler Valiant in modo continuo e nella VW Golf fino al secondo campione a metà della distanza di guida.

Nell'ultimo campione, il punto di infiammabilità dell'olio motore della Volkswagen Golf a 198 °C è praticamente tornato allo stesso valore dell'olio nuovo. Ciò può essere attribuito a un tragitto più lungo a carico elevato (ad es. guida in autostrada), durante il quale la benzina nell'olio motore viene nuovamente vaporizzata.

Per motivi legati ai loro sistemi, la diluizione da parte della benzina dell'olio motore in veicoli d'epoca è significativamente maggiore rispetto alle vetture moderne, a causa della minore tenuta della camera di combustione verso il basamento o della qualità della miscela che si forma, in particolare all'avviamento a freddo o durante il funzionamento a caldo. Per questo motivo, sulle vetture più vecchie sono omologati solo oli motore a viscosità più alta (ad es. 20W-50) rispetto alle vetture moderne. Poiché non vi sono differenze significative nel comportamento all'ebollizione né nella composizione della benzina biosintetica rispetto alla benzina fossile, ad eccezione di una maggiore percentuale di MTBE, si può ritenere che il passaggio dalla benzina fossile alla benzina biosintetica non determini differenze in termini di diluizione da parte della benzina o di viscosità dell'olio motore.

▪ Tenore di ferro e piombo

A destare maggiore attenzione è stato il forte aumento del tenore di ferro e piombo nell'olio motore della Chrysler Valiant. Mentre nella VW Golf questi sono aumentati solo da 1 ppm a 27 ppm (ferro) o da 1 ppm a 18 ppm (piombo), il che corrisponde in entrambi i casi a un andamento non critico, nella Chrysler Valiant i valori sono aumentati da 1 ppm a 112 ppm (ferro) e da 1 ppm a circa 300 ppm (piombo), valore considerato elevato (Figura 18). Valori inferiori a 100 ppm sono considerati non critici.

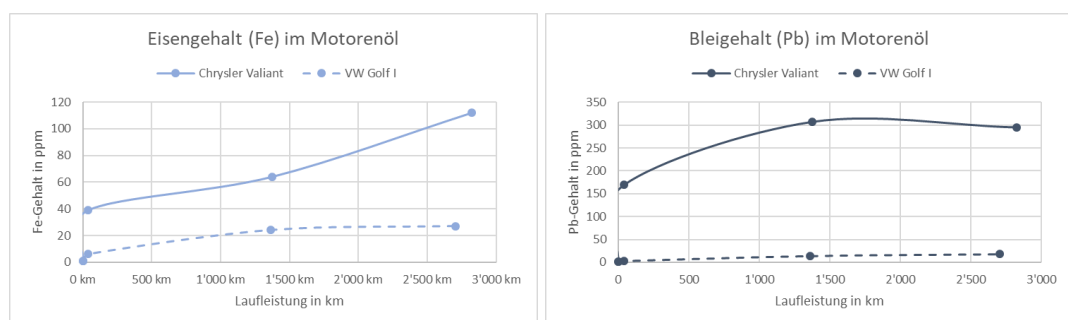


Figura 18: tenore di ferro e piombo nell'olio motore in base al chilometraggio

Si presume che la causa dell'aumento di ferro nell'olio motore della Chrysler Valiant sia un'abrasione meccanica. I valori, infatti, sono aumentati notevolmente già durante i primi 40 km (prima analisi dell'olio): si presuppone, quindi, che non si tratti di un effetto scatenato dal cambio di carburante, ma da un'abrasione già presente in precedenza. Il forte aumento durante i primi 40 km fa pensare a un deposito, ad esempio nella coppa dell'olio o nei canali dell'olio. Dopo 40 km, i valori nel corso della percorrenza sono aumentati ulteriormente, il che fa pensare a un'immissione continua dovuta all'abrasione. Durante l'intero periodo di utilizzo, i valori della Volkswagen Golf sono stati nettamente inferiori.

Anche il contenuto di piombo nell'olio motore della Chrysler Valiant ha subito un forte aumento già nei primi 40 km, il che esclude in realtà eventuali danni ai cuscinetti causati dal cambio di carburante. Un tale danno richiederebbe certamente più tempo e porterebbe probabilmente a un aumento progressivo dei valori piuttosto che a un andamento decrescente, come qui osservato. Poiché un potenziale danno ai cuscinetti contenenti piombo nel motore limiterebbe enormemente l'uso della benzina biosintetica per i veicoli d'epoca, sono stati effettuati ulteriori studi.

a) Analisi dei solidi nell'olio motore

Per quanto riguarda il ferro e il piombo nell'olio motore, è decisivo stabilire se si tratta di corpi solidi o di composti disciolti nell'olio motore. I corpi solidi potrebbero danneggiare il motore a causa di un'ulteriore abrasione, mentre l'impatto dei composti disciolti nell'olio motore è minimo. Per determinare lo stato dei componenti di ferro e piombo, i corpi solidi del secondo e terzo campione d'olio della Chrysler Valiant sono stati filtrati da Motorex e ulteriormente esaminati all'Empa mediante microscopia elettronica a raster (REM) e spettroscopia a raggi X in dispersione di energia (EDX). In entrambi i campioni è stato trovato un gran numero di residui di particelle, abbastanza comparabili per forma (con angoli, spigoli vivi) e dimensione (particelle >5 µm). Secondo l'analisi EDX, questi residui sono costituiti in gran parte da ferro, in alcuni casi anche da stagno e zinco e da componenti organici. La distribuzione è risultata relativamente omogenea su entrambi i filtri. A causa della forma con spigoli vivi del ferro, si deve ipotizzare un'abrasione meccanica.

Inoltre, su un numero ridotto di particelle abrasive presenti sulla superficie sono state riscontrate particelle nettamente più piccole, anch'esse comparabili in forma (tonda) e dimensioni (50-200 nm). Secondo l'analisi EDX, queste piccole particelle presentano un elevato contenuto di piombo ed erano distribuite in modo disomogeneo sia sulle particelle abrasive che sul filtro. Le dimensioni e la morfologia degli agglomerati contenenti piombo non indicano abrasione (cfr. Figura 19 come quadro tipico di diverse analisi).

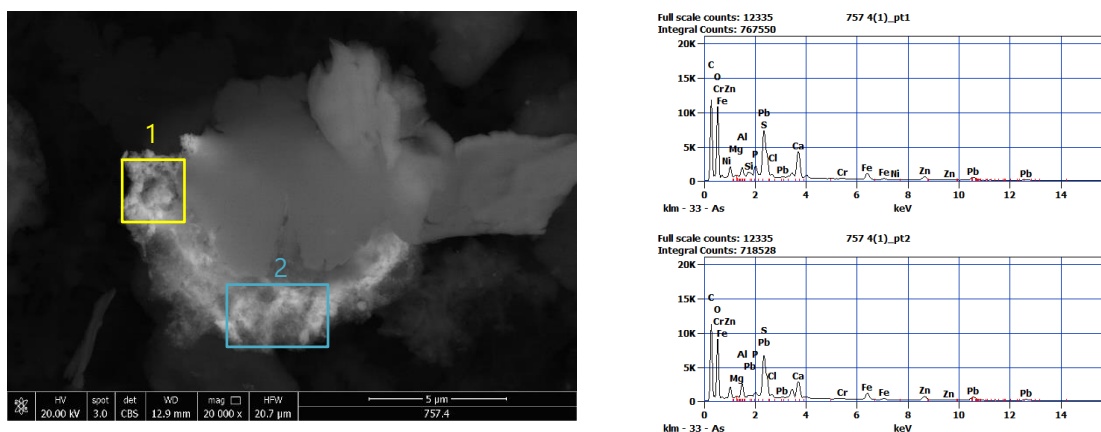


Figura 19: immagine REM di una particella di ferro (sinistra) e spettro EDX (destra) dei due agglomerati identificati nell'immagine REM

La quantità di piombo sotto forma di queste piccole particelle è molto bassa rispetto alla quantità estrapolata che è stata analizzata nell'olio motore. Il piombo si trova quindi prevalentemente in forma disciolta. Le origini possibili sono due: i depositi di piombo provenienti dal precedente funzionamento con benzina al piombo, oppure l'MTBE attacca i componenti contenenti piombo. La prima è più probabile, perché il veicolo è stato alimentato con benzina contenente piombo per decenni e potrebbero essersi formati depositi di piombo in diversi punti in cui scorreva la benzina, che ora si stanno lentamente dissolvendo a causa della solubilità leggermente più elevata dell'MTBE nella benzina biosintetica. La seconda ipotesi è invece piuttosto improbabile, in quanto l'impatto della maggiore percentuale di MTBE o la maggiore solubilità del combustibile biosintetico – unica differenza significativa rispetto alla benzina fossile – va considerato come troppo basso.

La solubilità di una sostanza può essere stimata in base al suo potere di eluizione. Si tratta della capacità di dissolvere, staccare o estrarre composti chimici o depositi da o di una sostanza. L'MTBE ha forze di eluizione leggermente più elevate rispetto alla benzina, ma significativamente inferiori rispetto al metanolo o all'etanolo.

Al fine di escludere un attacco dell'MTBE contro cuscinetti contenenti piombo, presso il laboratorio lubrificanti Motorex è stato realizzato un test nel corso del quale le bronzine dei cuscinetti contenenti piombo sono state esposte per 330 ore a 80 °C a un olio motore arricchito di MTBE (Figura 20). La durata dell'esposizione di 330 ore corrisponderebbe a un chilometraggio di 16'500 km in un veicolo a una velocità media di 50 km. Prima del test, le superfici delle bronzine dei cuscinetti sono state lucidate con carta abrasiva.



Figura 20: bronzine di cuscinetti contenenti piombo (a sinistra) e configurazione del test (a destra) per indagare l'attacco di una miscela di 10% MTBE e 90% TOPAZ SAE 20W-50 a 80 °C

L'esame successivo delle bronzine dei cuscinetti non ha evidenziato alcuna alterazione del materiale; tuttavia, durante un'esposizione di 330 ore a 80 °C, è stato riscontrato un lieve aumento del tenore di piombo nell'olio motore da 4 a 13 ppm. Inoltre, dopo i test, l'olio motore è risultato invariato e anche dai componenti non sono riconoscibili ossidazione, corrosione o altre reazioni chimiche. Il leggero aumento del contenuto di piombo non sarà probabilmente dovuto alla solubilità leggermente più elevata del MTBE rispetto alla benzina, ma dipende dal fatto che il piombo è un materiale morbido e si stacca più facilmente dalle superfici rispetto ad altri materiali. In concreto, ciò significa che l'immissione di piombo nell'olio motore in questa massa ridotta è dovuta a un effetto del flusso della configurazione del test e l'attacco al piombo da parte dell'MTBE può quindi essere escluso.

Oltre alle analisi di laboratorio sopra citate, dopo un nuovo cambio dell'olio sono proseguite le prove su strada con la Chrysler Valiant a benzina biosintetica per altri 1000 km circa. Parallelamente è stata inclusa nel confronto una seconda vettura dello stesso tipo con motorizzazione comparabile, che però era alimentata esclusivamente a benzina fossile. Le analisi dell'olio effettuate durante l'esercizio hanno dimostrato che i due veicoli si comportano in modo molto simile (Figura 21). I risultati variano notevolmente, in quanto è molto difficile ottenere un prelievo uniforme di campioni d'olio.

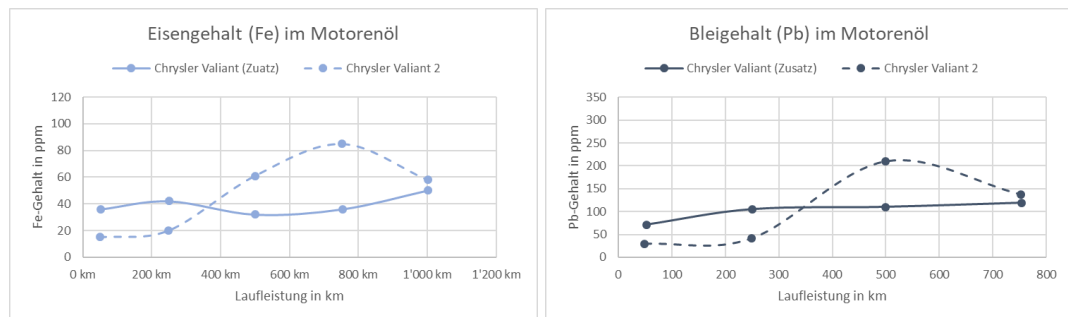


Figura 21: analisi dell'olio nel funzionamento successivo della Chrysler Valiant con benzina biosintetica e della seconda Chrysler Valiant alimentata a benzina fossile

Rispetto alla VW Golf (Figura 18), la percentuale di ferro e piombo nell'olio motore è elevata, ma non diversa, sia per la Chrysler Valiant alimentata a benzina biosintetica che per la Chrysler Valiant alimentata parallelamente a benzina fossile. Sembra inoltre che un certo grado di abrasione del ferro non sia atipico in questo tipo di motore.

Sulla base di questi risultati, si può supporre che l'aumento del contenuto di piombo nell'olio motore sia riconducibile al dissolvimento leggermente aumentato dei depositi di piombo nel sistema dell'olio e non a un attacco del piombo da parte dell'MTBE. Una solubilità leggermente più elevata della benzina biosintetica è una conseguenza dell'elevata percentuale di MTBE rispetto alla benzina fossile. L'assorbimento innocuo di impurità o sostanze estranee è uno dei compiti dell'olio motore, che nel caso in esame sembra funzionare bene.

Poiché l'olio motore delle vetture d'epoca viene sostituito molto più spesso rispetto alle vetture moderne, si può presumere un uso non critico della benzina biosintetica anche per quanto riguarda la compatibilità dell'olio. Nel complesso, è consigliabile effettuare gli intervalli per il cambio dell'olio almeno con la stessa frequenza che per la benzina fossile.

In conclusione, si può affermare che il funzionamento dei veicoli d'epoca a benzina biosintetica è in linea di massima possibile senza problemi. Non si riscontrano anomalie, riconducibili al nuovo carburante, né nei componenti specifici direttamente esposti a questo combustibile né durante il normale funzionamento. Inoltre, il comportamento in termini di gas di scarico e le caratteristiche di potenza sono pressoché identiche.

Nel complesso, la benzina biosintetica sembra essere in grado di rendere notevolmente più rispettoso dell'ambiente il funzionamento dei veicoli d'epoca, senza che le loro caratteristiche siano alterate da trasformazioni, ad esempio con il passaggio a un motore elettrico.