

GPL MARINE

RISULTATI DELLE ANALISI SULLE EMISSIONI DELLA COMBUSTIONE

PRIMAGAZ 

écosite 

Parc Scientifique & Environnemental



Per il test sono stati utilizzati motori della Mercury – Mariner 2T Benzina con miscelatore, 4T Bi-fuel con doppio impianto di alimentazione Benzina – GPL 50hp, con doppio carburatore ed EFI iniezione indiretta – a cui è stato installato un kit di conversione appositamente realizzato dalla ditta Officine LOVATO di Vicenza.



Dati della ricerca sviluppata da PRIMAGAZ ed ECOSITE SAEML

Responsabile PRIMAGAZ:- André Mavro

Responsabile Redazione Ricerca ECOSITE:- Jean-Pierre Sambuco et Emmanuel Esposito

Aprile 2000

TIPI DI ANALISI EFFETTUATE SU MOTORI MERCURY 50Hp, 2 TEMPI, 4 TEMPI BENZINA E 4 TEMPI GPL

1. RILEVAZIONE DELLE EMISSIONI GASSOSE DAL TUBO DI SCAPPAMENTO
2. RILEVAZIONE DELLE EMISSIONI DISCIOLTE IN UN CAMPIONE D'ACQUA

LA RILEVAZIONE E' STATA EFFETTUATA SIA AL MINIMO DEI GIRI DEL MOTORE SIA AL MASSIMO DELLA POTENZA, SECONDO IL SEGUENTE SCHEMA ED I SEGUENTI CONSUMI PER UNITA' DI MISURA LITRO/MINUTO:

Descrizione	2T	Consumo l/min	4T Benzina / 4T GPL	Consumo l/min
Motore al minimo dei giri - MOTO LENTO - MINIMO con una capacità di portata di 180litri/ora	750	0,360	750	0,153
Motore al massimo dei giri - MOTO MAX con una capacità di portata di 780litri/ora	5000	0,750	6000	0,660

Le rilevazioni sono state effettuate in vasca con la collaborazione della ECOsite ed i dati delle analisi sono state effettuate dal Comune di PARIGI – Direzione della Protezione dell’Inquinamento - Centro di Ricerche e Controllo delle Acque (tel.+33 01 40847878 fax +33 01 40847766).

Altri dati sono stati forniti dalle Officine LOVATO atti del convegno “GPL e Metano al servizio della mobilità dell’ambiente e della Città” 5 maggio 2000

Modello	50 EFI
Potenza in Kilowatts	36,7 kW
Regime massimo	5500-6000
Numero cilindri	4 (in linea)
Cilindrata	995 cc
Alesaggio/Corsa	65 mm x 75 mm
Sistema di raffreddamento	Raffreddato ad acq. con termostato
Sistema d'accensione	ECM 555 Induzione digitale
Avviamento	Elettrico (turnkey)
Rapporto ingranaggi	1,83:1
Cambio	A-F-R
Guida	Barra guida o A distanza
Alternatore ricarica	20 amp (252 watt) con regolatore di voltaggio
Posizioni trim	Power trim Standard
Serbatoio	Standard
Tipo carburante	Senza piombo 90 RON min.
Peso	112 kg
Altezza dello specchio di poppa raccomandata	Lungo 508 mm
Sistema di alimentazione	2 valvole per cilindro Iniez. elettr. Multipoint
Scarico	Attraverso l'elica
Miscelazione automatica	-
Controrotazione	Non disponibile



INTRODUZIONE

Prima di addentrarci nel confronto tra i dati ottenuti dall'analisi diretta delle emissioni gassose dei tubi di scappamento dei motori fuoribordo testati, è opportuno poter avere una chiara identificazione dei componenti pericolosi che devono essere rilevati e tenuti a livelli minimi accettabili dalla normativa in vigore, che per quanto riguarda le autovetture è la normativa ECO3, ma per quanto riguarda i motori FB esiste una norma Europea EU2006, che non è altro il recepimento della normativa EPA2006 (Environmental Protection Agency – USA)



che ha stabilito il limite secondo la formula sotto esposta:

$$HC+NO_x = A \times \left(151 + \frac{557}{p^{0.9}} \right) + B \text{ oppure } HC+ NO_x = C$$

dove A, B e C sono espresse nella sotto esposta tabella

Anno modello	A	B	C
2004	0.417	5.11	130
2005	0.333	5.56	105
2006	0.250	6.00	81

HC+ NO_x = emissioni standard in un determinato modello espresso in g/kw-h

A= fattore di riduzione degli HC (idrocarburi incombusti) determinato per l'anno di produzione

B= NO_x fattore di livello fissato per il modello anno






C= media massima di HC+ NO_x fissato per l'anno di produzione espressa in g/kw-h

P= potenza della famiglia di motori espressi in kilowatt(kw).

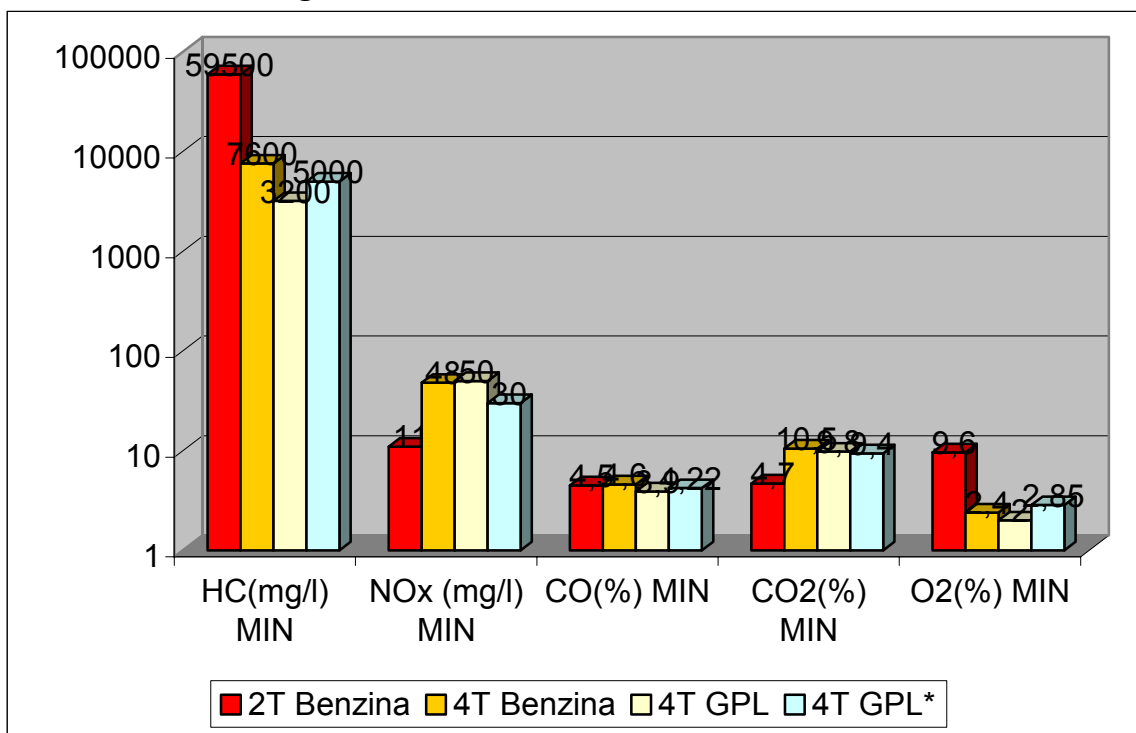
Ma quali sono i componenti dannosi per l'uomo e per la flora e la fauna marina: la tabella sotto esposta è senza dubbio esplicitiva in merito a quelli più dannosi HC e NO_x, CO, che assieme ai PM (particolato) ed SO₂ sono senza dubbio quelli che possono arrecare i maggiori problemi all'uomo, ma ancor prima agli organismi della fauna e della flora ittica, dato che stiamo parlando di emissioni di motori marini.

Sia il particolato che il Biossido di Zolfo SO₂ sono da attribuirsi più alle emissioni di motori diesel, alimentati a nafta, ed è per questo che la relazione PRIMAGAZ – ECOsite si concentra solo sui primi, HC e NO_x, CO, dato che sono imputabili al processo di combustione dei motori a ciclo Otto a 2 ed a 4 tempi.

Danni sul corpo umano causati dai principali inquinanti

Sigla		Perché si forma	Descrizione dei problemi causati all'uomo ed all'ambiente
HC		Si formano per incompleta combustione o per fenomeni di "cracking" (distillazione) ad alta temperatura. Si possono dividere in gassosi ed assorbibili.	Hanno caratteristiche cancerogene soprattutto con lunghe esposizioni, infiammazioni agli occhi ed all'apparato respiratorio. Il più pericoloso tra gli idrocarburi incombusti è senza dubbio il benzene, che è riconosciuto dal Ministero della Sanità come cancerogeno. Il benzene che fuoriesce dai gas di scarico dei motori non catalizzati si forma dalla combustione di diversi componenti della benzina: per 2/5 dal benzene stesso, per altri 2/5 dagli aromatici e per 1/5 da altri componenti. Quindi la pericolosità delle emissioni deriva principalmente dal benzene presente nell'atmosfera.
CO		Si forma per incompleta combustione della miscela aria combustibile nel cilindro	Il CO riduce la capacità dei globuli rossi di assorbire ossigeno. Efficacia, nausea e problemi di concentrazione.
NOx		Sotto la forma di NO e NO ₂ sono generati dall'ossidazione dell'aria presente in camera di combustione (dalle 10 alle 20 volte la quantità di combustibile) ad alta temperatura. NO è instabile e tende ad ossidarsi in NO ₂ con miscele magre (eccesso d'aria).	Aumenta la sensibilità da microbi e può causare gravi problemi all'apparato respiratorio. L'NO ₂ è più tossico in quanto si lega in maniera irreversibile all'emoglobina rendendola incapace di trasportare l'ossigeno; è causa di seri disturbi a carico della respirazione e, ad elevate concentrazioni, anche di convulsioni e paralisi del sistema nervoso centrale. NO ₂ reagisce con l'acqua e forma acido nitrico che attacca i tessuti della gola producendo nel tempo danni irreversibili all'apparato respiratorio; attacca alcune cellule immunizzanti favorendo successive infezioni; ancora nausea, sonnolenza, vertigini e vomito fino al punto, ad elevate esposizioni, di portare alla morte. Crescenti livelli di nitrati che si depositano sul suolo coltivato, producono una super fertilizzazione del terreno, rendendolo rapidamente inutilizzabile.
PM		E' uno specifico problema del motore diesel. Si tratta di prodotti incombusti, espulsi attraverso il tubo di scappamento, di piccolissime dimensioni (0.005 µm a 30 µm) e quindi non sempre sono visibili come "fumo nero"; si generano per mancanza di ossigeno in camera di combustione.	Se respirate, vanno a finire nei polmoni e provocano gravi danni all'apparato respiratorio fino a causare forme tumorali o di mutazioni genetiche. Anche piccole esposizioni possono produrre asma e tosse persistente. Alcuni polveri sono cancerogene e possono causare bronchiti croniche. Recenti studi condotti dall'OMS mostrano una significativa correlazione tra concentrazioni di polveri sospese e mortalità. Le particelle con dimensioni inferiori a 10 micron (PM10) sono le più dannose alla salute perché penetrano nelle vie respiratorie: quelle con diametro inferiore a 1 micron possono arrivare fino agli alveoli polmonari. Provocano seri danni ai bronchi e agli alveoli polmonari, asma, tosse e convulsioni.
SO ₂		E' un gas che si origina dai processi di combustione di tutte le sostanze che contengono zolfo.	I gas irritanti provocano tosse e difficoltà respiratorie può alterare l'olfatto e provocare bronchiti croniche. Esercita un'azione dannosa prevalentemente sulla parte alta dell'apparato respiratorio; in associazione alle polveri e alle particelle liquide, nelle quali viene assorbito, può raggiungere gli alveoli polmonari esercitando un'azione tossica ben più grave.

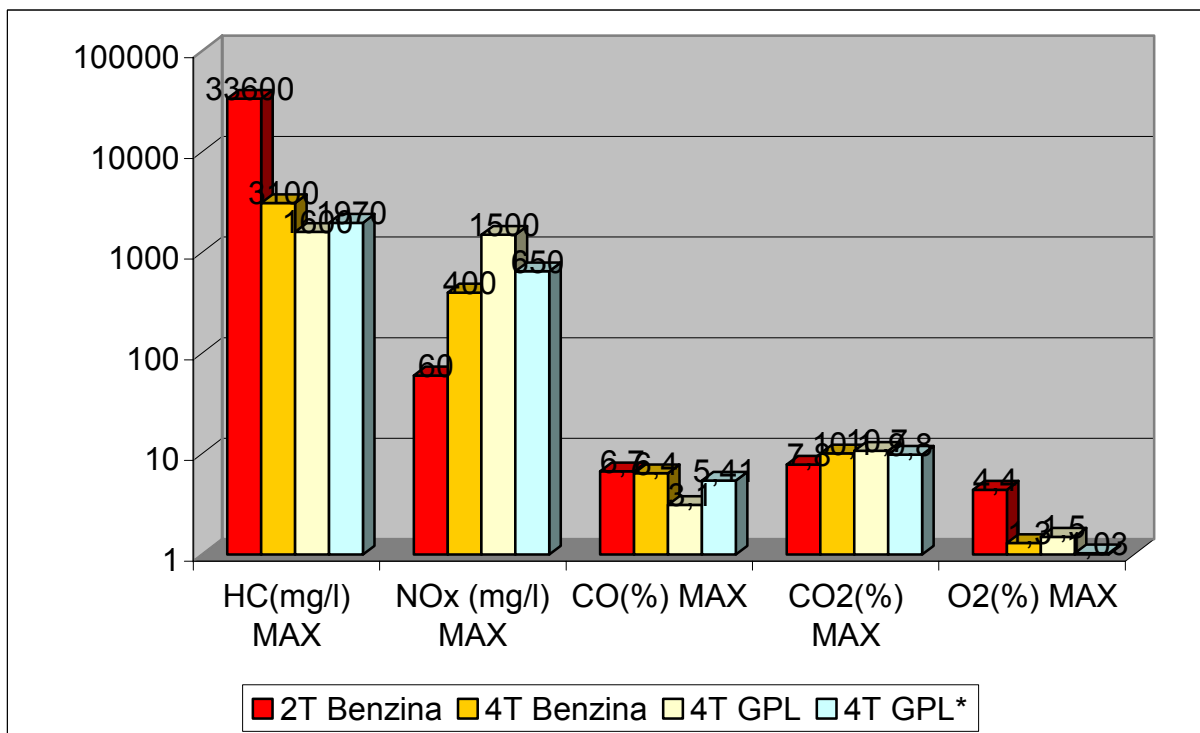
Comparazione delle emissioni gassose rilevate dal tubo di scappamento del motore FB a moto lento MIN dei giri



Fonte PRIMAGAZ – Direction Marketing & Commerciale / DPR / A. Mavro 02/12/1999

la differenza fra la prima prova con motore GPL (in giallo) e la seconda prova GPL (in azzurro) è stata effettuata dopo aver modificato la ricchezza di gas ed una migliore combustione in camera di scoppio.

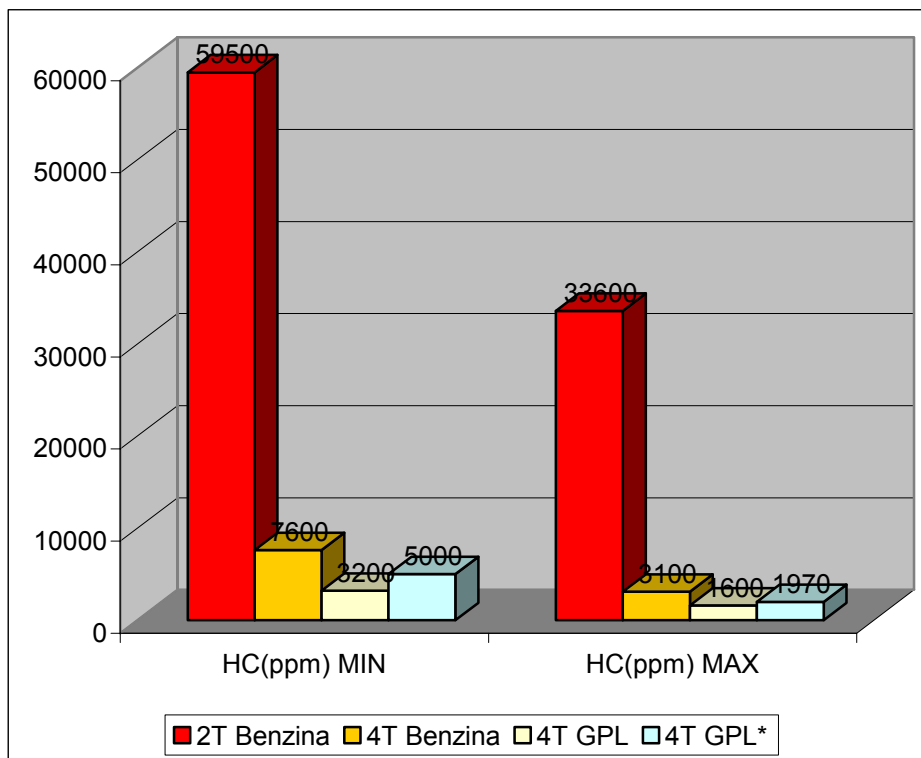
Comparazione delle emissioni gassose rilevate dal tubo di scappamento del motore FB al MAX della potenza



Fonte PRIMAGAZ – Direction Marketing & Commerciale / DPR / A. Mavro 02/12/1999

Confrontando i dati desunte dalle tabelle precedenti, tra le emissioni a moto lento al minimo dei giri ed al massimo della potenza dei motori FB, si possono avere le seguenti tabelle:

GPL MARINE – Risultati sulle emissioni



Fonte PRIMAGAZ – Direction Marketing & Commerciale / DPR / A. Mavro 02/12/1999

MINIMO dei GIRI

- Il motore 2T è senza dubbio quello maggiormente inquinante, sia al minimo dei giri che alla massima potenza d'erogazione;
- il motore 4T offre senza dubbio minori emissioni di HC (-87% rispetto alle emissioni di HC del motore 2T), ma ha senza dubbio emissioni maggiori rispetto al motore alimentato a GPL (+137,5% rispetto al motore alimentato a GPL – 1^a prova - +52% rispetto a motore GPL – 2^a prova con miscela gas arricchita).
- Il motore alimentato a GPL è senza dubbio quello che assicura la minore emissione di HC idrocarburi incombusti (-95% rispetto al motore 2T e -42% rispetto al motore 4T benzina / -92% e -34% per il motore GPL 2^a prova).

MASSIMO dei GIRI

- Il motore 2T, pur dimezzando le emissioni al massimo dei giri rispetto al moto lento, è sempre molto inquinante,
- Il motore 4T, rispetto al motore 2T, ha senza dubbio un migliore rapporto di combustione e minori emissioni agli alti regimi (-91% rispetto 2T), ma è senza dubbio maggiore (mediamente quasi il doppio del motore alimentato a GPL)
- Il motore 4T GPL a pieno regime è quello che assicura le minori emissioni (-95/94% con il 2T e -48/36% rispetto al motore 4T benzina).

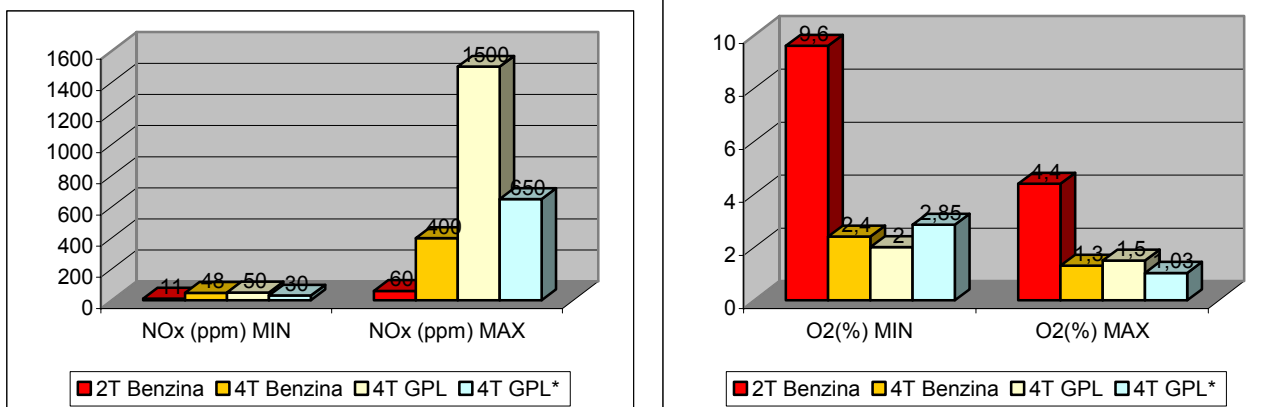
	2T B	4T B / 2T B	4T B	4T B / 4T GPL	4T GPL	4T B / 4T GPL*	4T GPL*
HC(ppm) MIN	59500	-87,23%	7600	137,50%	3200	52,00%	5000
HC(ppm) MAX	33600	-90,77%	3100	93,75%	1600	57,36%	1970

	2T B	2T B / 4T B	4T B	2T B / 4T GPL	4T GPL	2T B / 4T GPL*	4T GPL*
HC(ppm) MIN	59500	683%	7600	1759%	3200	1090%	5000
HC(ppm) MAX	33600	984%	3100	2000%	1600	1606%	1970

Mettendo ora a confronto le emissioni di ossidi di azoto (monossido NO e biossido NO₂), si può facilmente notare come il motore alimentato a GPL con bassi regimi e con miscela arricchita sia equiparabile al motore 4T benzina, ma agli alti regimi per la natura fisica della

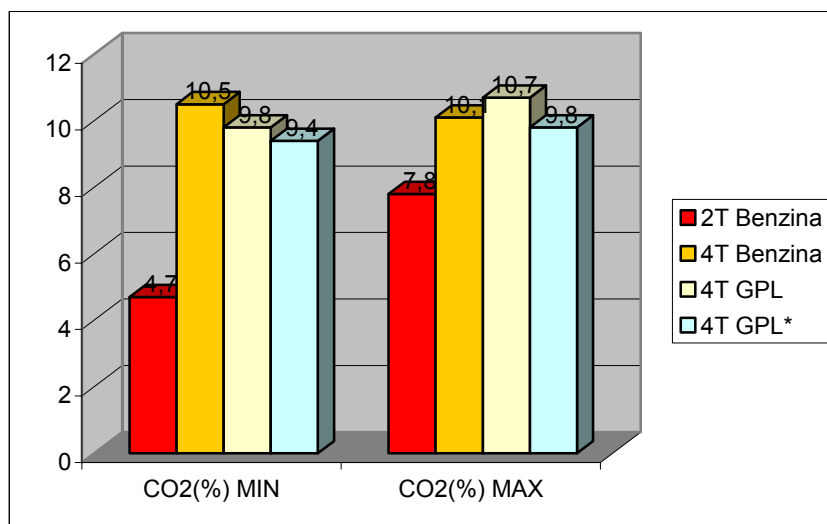
GPL MARINE – Risultati sulle emissioni

suo stato (gassoso) ha la tendenza a combustioni in presenza di miscele magre (eccesso di aria), per cui produce maggiori ossidi di azoto a pieno regime. Questi ossidi di azoto, essendo forzatamente a contatto con l'acqua nello scarico, tendono a trasformarsi immediatamente in nitrati, diventando così un fertilizzante e provocando a lungo andare fenomeni di eutrofizzazione (abnorme proliferazione di biomassa vegetale – microalghe). Le emissioni di ossidi di azoto devono essere tenute in correlazione alle emissioni di ossigeno in % (O_2), dato che essendo facilmente solubile (da gas a liquido) è il vettore che serve al monossido di azoto ed al biossido di azoto per trasformarsi in NO_3 (nitrato), meno pericoloso per assunzione diretta da parte dell'uomo.



Fonte PRIMAGAZ – Direction Marketing & Commerciale / DPR / A. Mavro 02/12/1999

Per quanto concerne il raffronto delle emissioni di CO_2 (Biossido di carbonio, comunemente chiamato anidride carbonica), è da rilevare che le emissioni sono pressoché simili per i tre tipi di carburanti poiché tutti e tre sono di origine fossile e derivati dal processo di raffinazione del petrolio, con una leggera preferenza per il 2T benzina favorito da un minor numero di giri del motore al massimo della potenza.

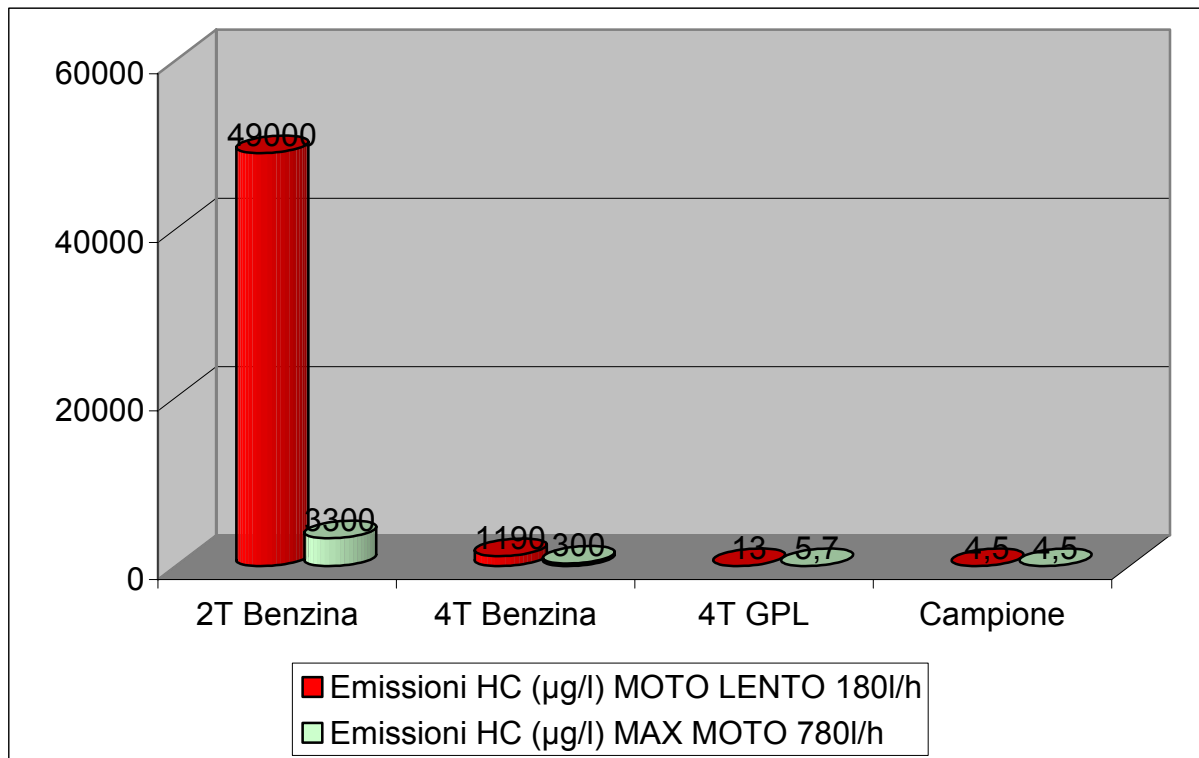


Fonte PRIMAGAZ – Direction Marketing & Commerciale / DPR / A. Mavro 02/12/1999

La produzione di anidride carbonica, dopo il processo di combustione in fase di scoppio, è da considerarsi a tutti gli effetti come "emissione" innocua, dato che anche il nostro organismo è uno dei maggiori produttori di CO_2 : l'anidride carbonica è indispensabile al ciclo della vita vegetale per la produzione di ossigeno.

L'analisi successiva, effettuata analizzando l'acqua del bacino dove i motori FB sono stati testati, ha senza dubbio rafforzato il vantaggio dell'alimentazione GPL rispetto agli altri carburanti.

Comparazione delle emissioni di HC rilevate dall'analisi dell'acqua di bacino dove i motori FB sono stati provati per alcune ore (capacità di spinta motori al MIN=180litri/ora ed al MAX=780litri/ora)



Fonte PRIMAGAZ – Direction Marketing & Commerciale / DPR / A. Mavro 02/12/1999

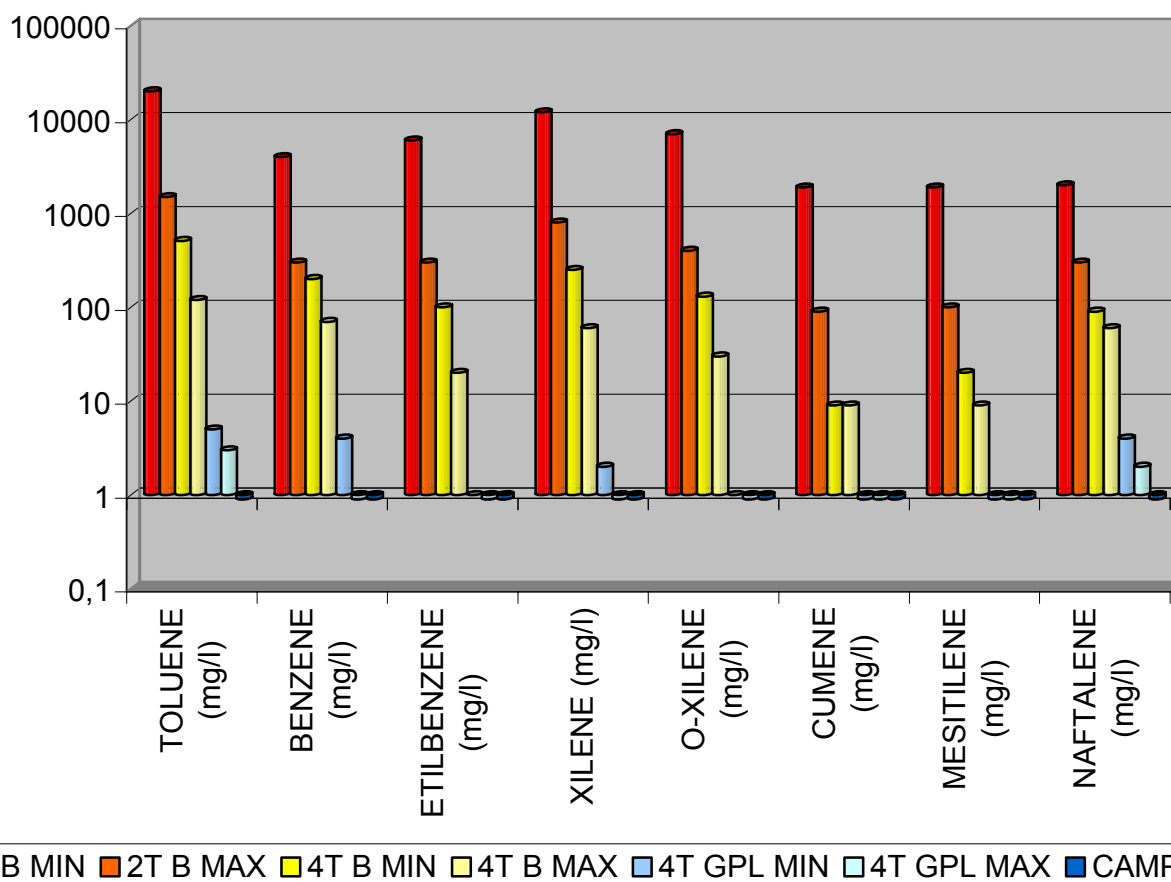
La tabella sopra esposta evidenzia quale sia l'impatto delle emissioni inquinanti utilizzando un motore a 2T alimentato a benzina. I motori 4T hanno senza dubbio evidenziato un miglioramento, rispetto alle prove precedenti, perché sono stati utilizzati motori di ultima generazione EFI con iniezione indiretta anziché con doppio carburatore. Il divario tra 4T benzina e 2T benzina è ancora maggiore delle analisi sui tubi di scappamento. Questi motori di ultima generazione hanno però migliorato notevolmente anche le emissioni con l'alimentazione a GPL (il divario tra 4T benzina e 4T GPL è del 99% ai bassi regimi e del 98% alla massima potenza).

Da notare che l'impatto, come emissioni nocive di HC incombusti disciolti nell'acqua dopo ore di funzionamento al minimo dei giri, è solamente +188,89% (meno del doppio con GPL) ed invece con un motore 4T benzina l'aumento sia molto più consistente +26344,44% (oltre 263 volte). Al massimo della potenza l'acqua del campione ha avuto solo un aumento di HC disciolti del +26% (+1/4) con alimentazione a GPL e del 6566,67% (quasi 66 volte) con l'utilizzo del 4T benzina (tra l'altro già in regola con le severe normative EPA2006).

Verificando inoltre le emissioni di composti carboniosi (organici e totali), idrocarburi aromatici policiclici (HAP), composti azotati (monossido e biossido di azoto), azoto ammoniacale (NH₄), metalli (l'unico per altro riscontrato in termini significanti è lo zinco) ed i composti organici volatili (COV), si possono inoltre rilevare i seguenti dati.

IDROCARBURI INCOMBUSTI DISCIOLTI IN ACQUA

Le emissioni di HC idrocarburi incombusti disciolti in acqua hanno dato i seguenti risultati, con l'evidenza dei vari idrocarburi che compongono il totale:



Descrizione componente	2T B MIN	2T B MAX	4T B MIN	4T B MAX	4T GPL MIN	4T GPL MAX	CAMPIONE
TOLUENE (mg/l)	20000	1500	510	120	5	3	0,9
BENZENE (mg/l)	4000	300	200	70	4	0,9	0,9
ETILBENZENE (mg/l)	6000	300	100	20	1	0,9	0,9
XILENE (mg/l)	12000	800	250	60	2	0,9	0,9
O-XILENE (mg/l)	7000	400	130	30	1	0,9	0,9
CUMENE (mg/l)	1900	90	9	9	0,9	0,9	0,9
MESITILENE (mg/l)	1900	100	20	9	0,9	0,9	0,9
NAFTALENE (mg/l)	2000	300	90	60	4	2	0,9
TOTALI	54800	3790	1309	378	18,8	10,4	7,2

Fonte PRIMAGAZ – Direction Marketing & Commerciale / DPR / A. Mavro 02/12/1999

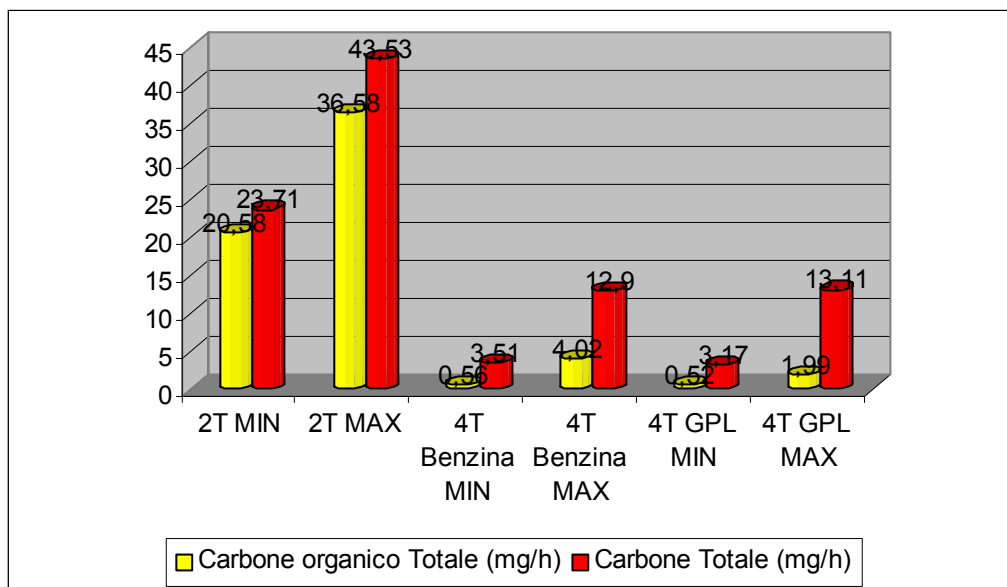
L'analisi della tabella del grafico relativo non lasciano alcun dubbio :

- Il motore 2T rilascia in acqua notevoli quantità di idrocarburi incombusti, tra i quali spiccano toluene, xilene, o-xilene, etil-benzene e benzene;
- Il motore 4T benzina, pur apprezzando l'enorme differenza di emissioni rispetto al 2T, sempre con alimentazione a benzina, ha senza dubbio ancora elevate emissioni di HC incombusti
- Il motore 4T GPL ha vinto su tutti i fronti: al massimo di giri in presenza di "corretta combustione" la diversità con il campione (acqua del rubinetto dell'acquedotto) è senza dubbio irrilevante +3,2mg/l dopo un ora di funzionamento! Al minimo dei giri le emissioni con GPL sono poco più del doppio del campione di riferimento, ma SENZA

ogni dubbio notevolmente inferiori rispetto al motore alimentato a benzina (-98% come già evidenziato precedentemente).

TUTTI questi idrocarburi incombusti disciolti in acqua dopo il processo di combustione sono tutti riconosciuti come SOSTANZE PERICOLOSE ed inserite nell'allegato I° della Direttiva 67/548/CEE, in quanto considerati come sostanze "tossiche", "nocive", "irritanti" o "infiammabili".

Effettuando in dettaglio l'analisi dei residui carboniosi organici totali e del carbonio totale emessi dai motori FB in occasione della prova abbiamo potuto estrarre il seguente grafico

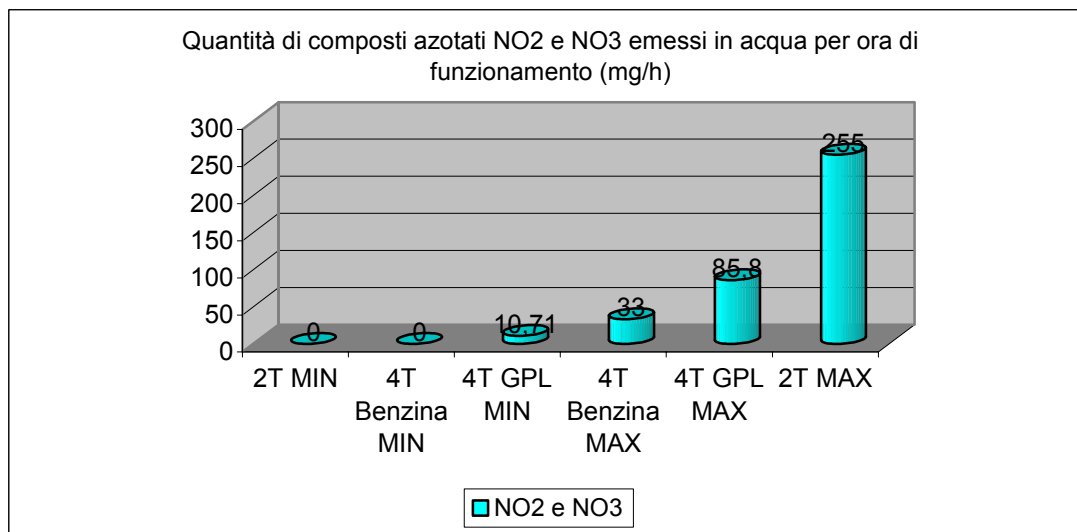


Fonte PRIMAGAZ – Direction Marketing & Commerciale / DPR / A. Mavro 02/12/1999

Anche da questa tabella il motore più "ecologico" è senza dubbio il motore con alimentazione GPL, anche se le emissioni al massimo della potenza superano di 0,2mg/ora il motore 4T benzina che però perde il confronto negli altri tre raffronti.

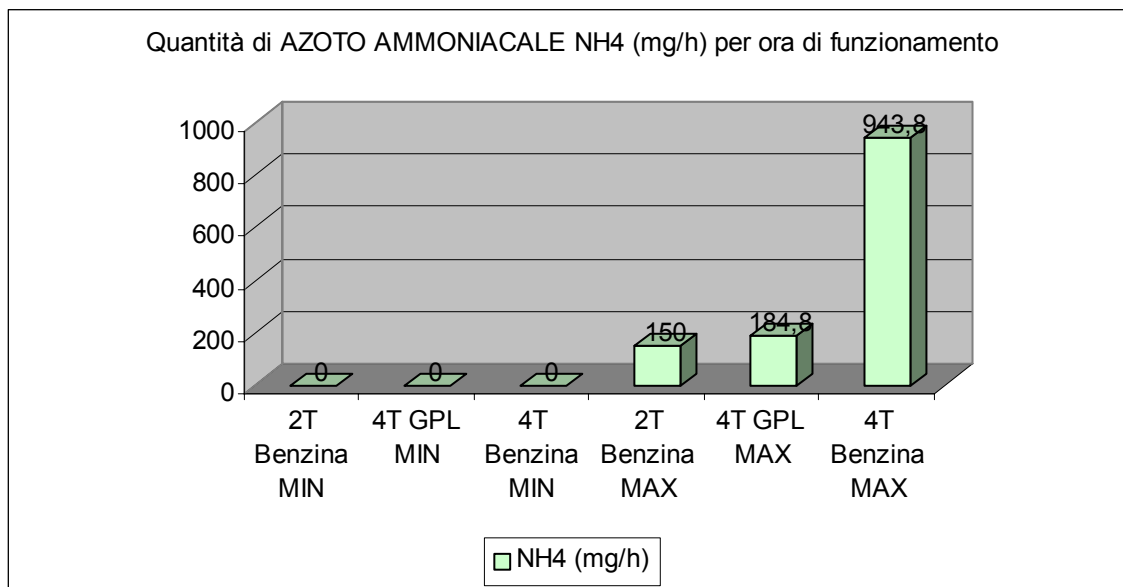
COMPOSTI AZOTATI

Il confronto fra le emissioni di composti azotati, monossido, biossido e nitrati di azoto, è stato fatto prendendo in considerazione il biossido di azoto NO₂ ed il nitrato di azoto NO₃, dato che il primo è ritenuto più pericoloso per inalazione che per ingestione. Il nitrato è senza dubbio più pericoloso per problemi di "eutrofizzazione", più per l'uso eccessivo di fertilizzanti e di detersivi, che per un inquinamento dall'utilizzo di motore FB.



Fonte PRIMAGAZ – Direction Marketing & Commerciale / DPR / A. Mavro 02/12/1999

A livello di impatto ambientale, queste emissioni di nitriti e di nitrati di azoto possono essere considerate come trascurabili, dato che le concentrazioni prodotte sono facilmente prese in carico dal processo di riciclo dell'ambiente.



Fonte PRIMAGAZ – Direction Marketing & Commerciale / DPR / A. Mavro 02/12/1999

Tutti e tre i motori analizzati non sono produttori di azoto ammoniacale a bassi regimi. La produzione è crescente per il 2T, è leggermente superiore per il motore alimentato a GPL, ma è senza dubbio molto più importante ed imponente per il motore 4T benzina.

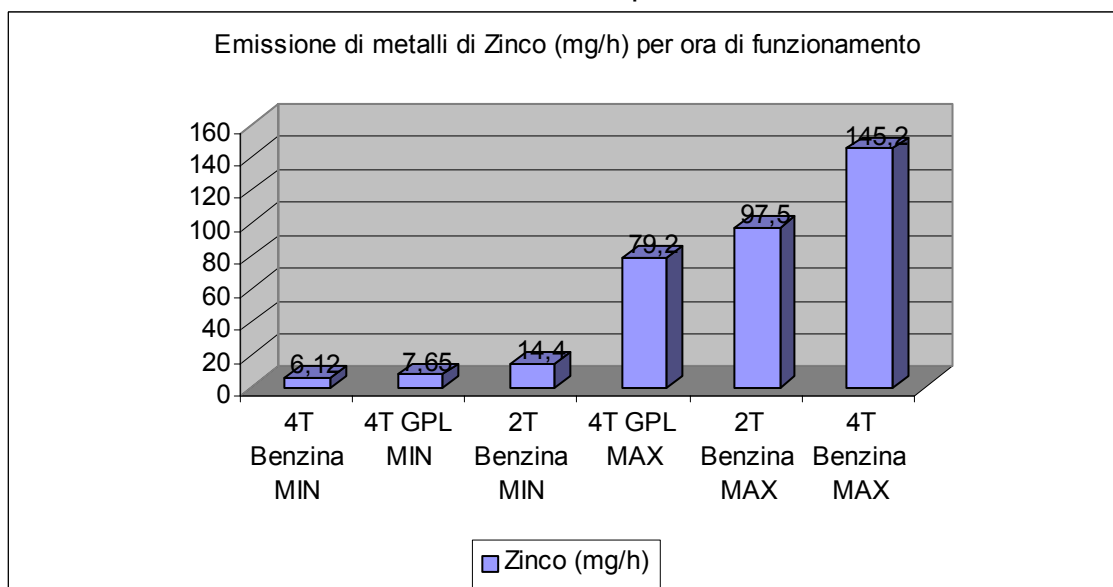
Senza dubbio, se si potesse scegliere tra questi tre motori, quello alimentato a GPL sarebbe quello che rappresenta il minore dei mali (dato che l'alternativa solo per questo grafico sarebbe il 2T benzina).

Tuttavia i flussi generati non rappresentano dei rischi di tossicità, dato che le quantità prodotte possono essere facilmente assimilabili dall'ecosistema.

METALLI

L'analisi dei metalli contenuti nelle acque di scarico dei motori FB sono state effettuate per rilevare 4 metalli principali: piombo, cromo, nickel e zinco.

L'unico dei 4 che è stato riscontrato nelle acque è stato lo zinco.



Fonte PRIMAGAZ – Direction Marketing & Commerciale / DPR / A. Mavro 02/12/1999

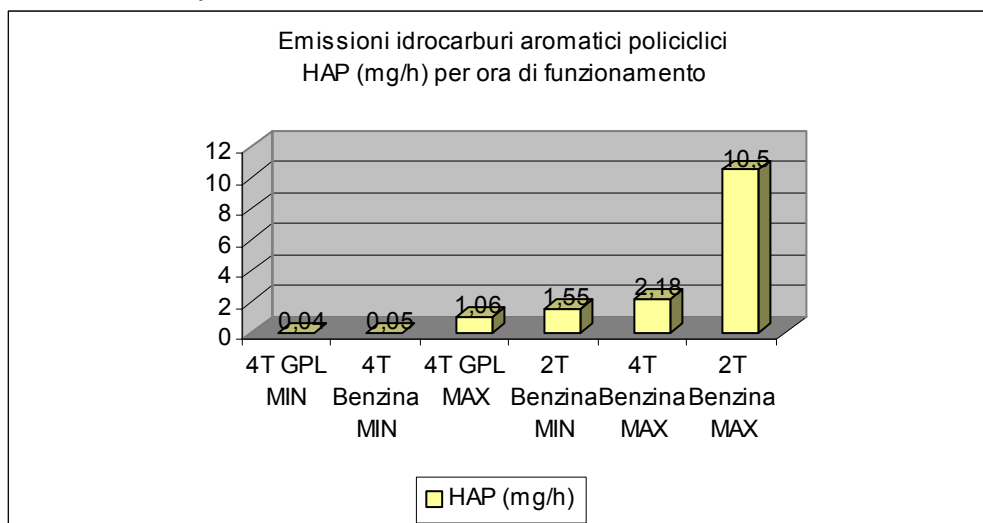
Lo zinco, pur essendo un oligo-elemento indispensabile per molti esseri viventi, esercita un'azione tossica su molteplici organismi acquatici con delle concentrazioni dell'ordine di

mg/l. In effetti esso è un inibitore della fotosintesi clorofilliana e per gli invertebrati e per i pesci provoca delle lesioni ai tessuti, induce dei ritardi nella crescita, ma ancor di più ne perturba la riproduzione.

Anche da quest'analisi il motore alimentato a GPL è quello che “mediamente” permette il maggior rispetto ed il minor impatto sull'ambiente.

IDROCARBURI AROMATICI POLICICLICI (PAH – HAP Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques)

Gli idrocarburi aromatici policiclici sono derivati prodotti dal processo di raffinazione del petrolio per ottenerne benzina verde. Contrariamente agli idrocarburi saturi che sono facilmente degradabili dai processi biologici, gli HAP sono riconosciuti per essere dei composti relativamente stabili. La maggior parte degli HAP sono conosciuti per essere delle sostanze tossiche, alcuni di essi addirittura sono riconosciuti biologicamente attivi per avere delle proprietà cancerogene o mutagene. Pertanto la rilevazione degli HAP deve essere tenuta in considerazione perché essi sono dei composti che possono avere un interesse ambientale importante.



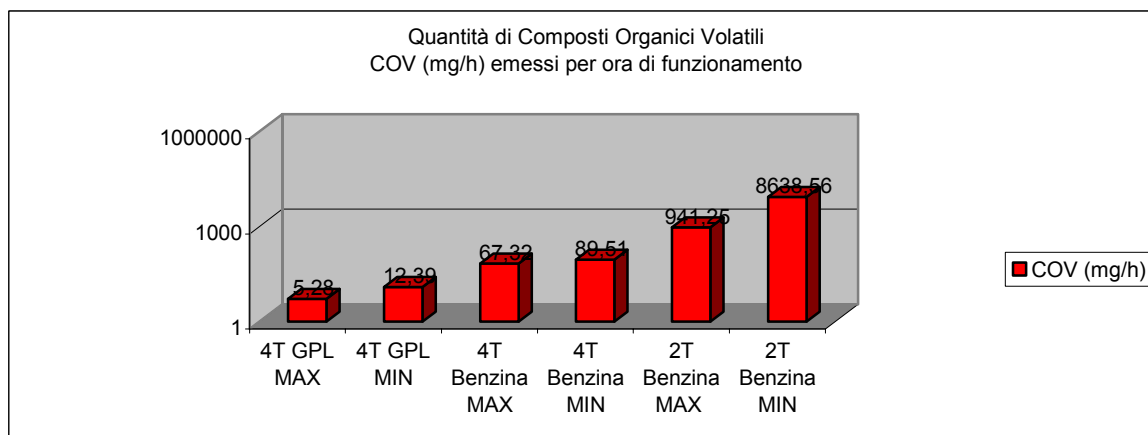
Fonte PRIMAGAZ – Direction Marketing & Commerciale / DPR / A. Mavro 02/12/1999

Anche da questa tabella il motore alimentato a GPL è quello che in assoluto assicura le minori emissioni di idrocarburi aromatici policiclici (PAH – HAP).

COMPOSTI ORGANICI VOLATILI

I composti organici volatili fanno parte integrante dei micro-inquinanti organici. Queste sostanze possono provocare diversi fenomeni tossici (cancerogeni, mutageni, letali etc).

Al gruppo appartengono un gran numero di molecole dal comportamento assai eterogeneo.



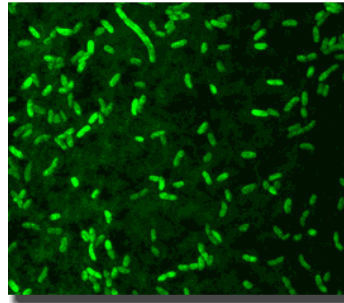
Fonte PRIMAGAZ – Direction Marketing & Commerciale / DPR / A. Mavro 02/12/1999

Il risultato del motore alimentato a GPL è senza dubbio ottimale anche in questa rilevazione, comportando una produzione minima di emissioni, ma inferiore al 4T benzina fino a 10 volte inferiore.

ANALISI TOSSICOLOGICA SUI ORGANISMI ACQUATICI

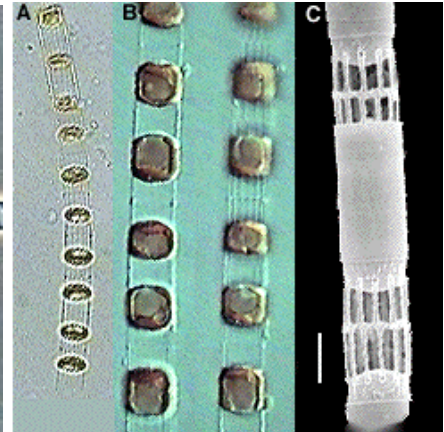
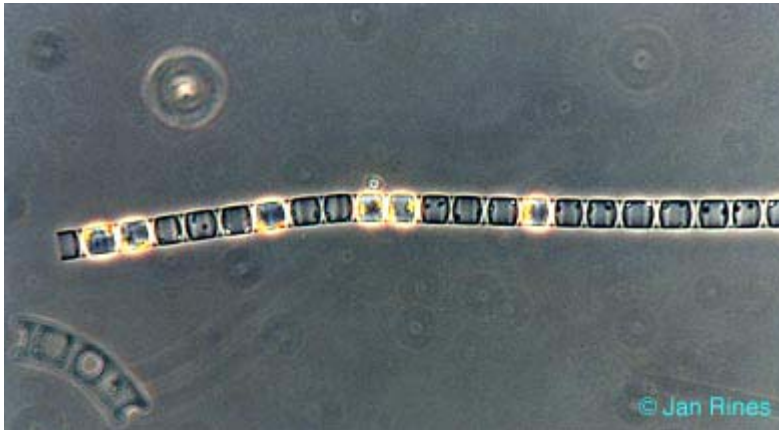
L'analisi attuata dalla Ecosite non si è fermata all'analisi delle emissioni sulle acque, ma è andata oltre verificando come le sostanze fino ad ora rilevate potessero influire sulla vita e sulla crescita di alcuni organismi acquatici. In questo studio sono stati analizzati i seguenti organismi:

- Batterio marino *Vibrio bischeri*



As seen in this micrograph of fluorescently stained cells, *V. fischeri* is a small, slightly curved bacterium (image courtesy of E Nelson & L Sycuro).

- L'alga marina *Skeletonema costatum*



- La larva "D" di ostrica *Crassostrea gigas*



Il test tossicologico costituisce una delle tappe essenziali per la procedura di valutazione della tossicità sull'ambiente dei composti chimici emessi dai motori FB marini.

Uno studio chimico, anche se ottimale, non è sufficiente per rilevare la tossicità, dato che non fornisce alcuna informazione concernente gli effetti sull'ecosistema e i suoi componenti viventi.

Le analisi chimiche permettono di identificare le sostanze, ma non danno alcuna indicazione concernente l'effetto globale sull'ambiente.

Si può comunque, con delle rilevazioni chimiche, apprezzare le sinergie e gli antagonismi che possono risultare simultanee in presenza di differenti composti.

Non è assolutamente necessario identificare tutti i micro-inquinanti presenti in un ambiente, ma l'essenziale è sapere se essi rappresentino per l'insieme un potenziale tossico per l'ambiente.

Alla fine di caratterizzare al meglio gli effetti dei differenti inquinanti sull'ecosistema marino, sono stati utilizzati come materiale biologico degli organismi appartenenti a differenti ambienti della scala tropica. E' per questo motivo che questi organismi sono egualmente differenziati per ambiente di appartenenza.

Le analisi che sono state effettuate dall'ECOsite sono state mirate a rilevare due differenti distinte di verifiche:

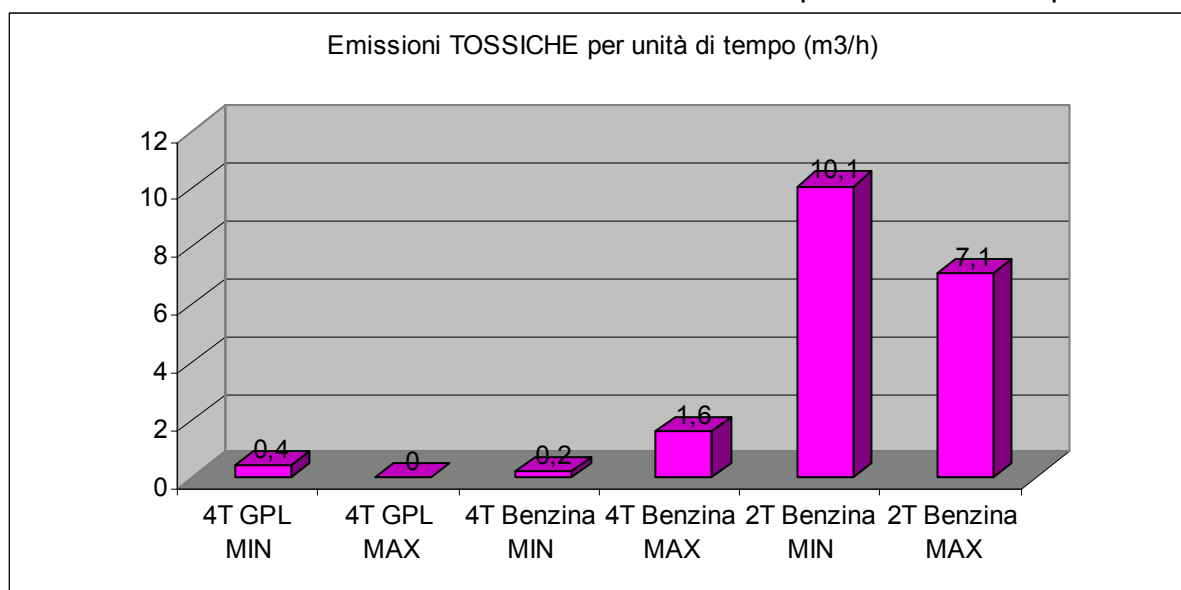
1. le prove sulla tossicità delle acque: con test MICROTOX d'inibizione alla fluorescenza del batterio marino *Vibrio fischeri*;
2. le prove sulla tossicità cronica: test dell'inibizione alla crescita dell'alga marina *Skeletonema costatum* ed il test d'inibizione allo sviluppo embrionale delle larve di ostrica *Crassostrea gigas*.

Il fattore che differenzia questi due diversi test è il tempo di esposizione agli agenti inquinanti degli organismi marini.

PROVE SULLA TOSSICITA' DELL'ACQUA

Il test MICROTOX è basato sull'inibizione della luminescenza naturale del batterio marino *Vibrio fischeri*, dato che la bioluminescenza è direttamente connessa con lo stato metabolico della cellula: pertanto se l'agente è tossico, la sua presenza provocherà delle modifiche sullo stato della cellula. Questo problema indurrà una inibizione del metabolismo cellulare e si tradurrà in un abbassamento della bioluminescenza.

Il parametro decisionale de questo test è la concentrazione dell'agente che produrrà l'effetto di inibire del 50% la luminescenza del batterio marino dopo 15 minuti di esposizione (CE₅₀).



Fonte PRIMAGAZ – Direction Marketing & Commerciale / DPR / A. Mavro 02/12/1999

Per facilitare la comprensione dei risultati, è stata trasformata l'unità (percentuale dell'agente inibente del 50% della luminescenza) in quantità di emissioni tossiche per ora di

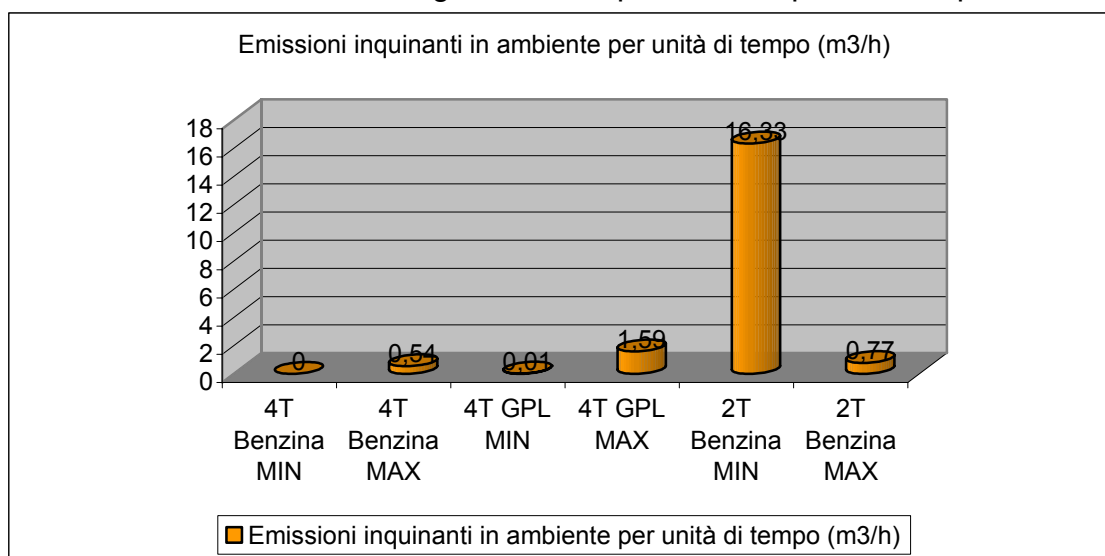
funzionamento e che ha per effetto l'inibizione del 50% della luminescenza del batterio *Vibrio fischeri*.

La tossicità del 4T alimentato a GPL è senza dubbio ininfluente, come per altro quella del motore 4T alimentato a benzina, anche se leggermente superiore del motore a GPL (4T GPL e 4T Benzina sono pressoché equivalenti). Il motore 2T benzina ha invece un impatto molto più importante per il batterio.

Da rilevare che il moto a regime massimo è senza dubbio meno tossico che l'andamento a moto rallentato.

PROVE SULLA TOSSICITA' CRONICA

La prima prova è quella basata sull'inibizione alla crescita dell'alga marina *Skeletonema costatum* dopo 72 ore di presenza degli agenti inquinanti. Anche in questo caso il parametro decisionale del test è espresso in percentuale di agenti inquinanti che provocano l'inibizione della crescita dell'alga al 50% rispetto al campione in acqua non contaminata.



Fonte PRIMAGAZ – Direction Marketing & Commerciale / DPR / A. Mavro 02/12/1999

Come per la tabella precedente, i risultati sono espressi per quantità di inquinanti emessi per ora di funzionamento (m³/h). Il motore a 2T benzina a moto rallentato è senza dubbio fonte di significativo rallentamento di crescita da parte dell'alga marina.

Sia il motore 4T benzina che 4T GPL hanno evidenziato delle emissioni relativamente basse e non presentano delle differenze significative, tali da permettere un paragone efficace del campione.

La seconda prova effettuata su un organismo filtratore è senza dubbio un test importante per l'impatto degli agenti inquinanti emessi dai motori FB.

Infatti la loro ecologia alimentare, che permette di filtrare grandi volumi d'acqua in rapporto al loro peso corporale, per prelevare il loro nutrimento, i lamelli-branchi, presenta una grande attitudine ad accumulare gli agenti inquinanti presenti nelle acque. Essi giocano senz'altro un ruolo importante per identificare il livello d'inquinamento di una determinata zona.

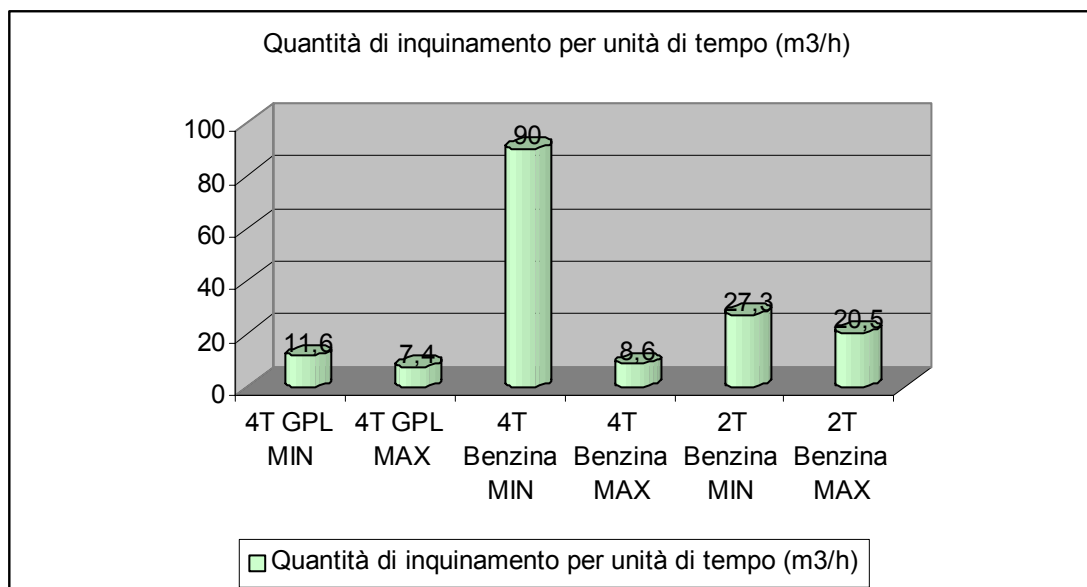
Essi costituiscono di fatto degli ottimi organismi di supporto per effettuare i test tossicologici ed identificare il livello d'inquinamento dell'acqua in cui vivono.

Le larve di ostrica sono l'aiuto più interessante, dato che il loro metabolismo è accelerato durante alcuni periodi dello stato embrionale che aumenta la loro sensibilità alla tossicità.

La tossicità messa in evidenza sarà rivelatrice degli effetti che gli agenti inquinanti avranno luogo a lungo termine sulle ostriche adulte.

Anche in questa prova, come per i precedenti, la tabella è stata rappresentata sotto forma di volume per ora di funzionamento (m³/h).

GPL MARINE – Risultati sulle emissioni



Fonte PRIMAGAZ – Direction Marketing & Commerciale / DPR / A. Mavro 02/12/1999

Anche da questa analisi dei dati, il motore alimentato a GPL ha dei risultati senza dubbio importanti: minore impatto sia al minimo dei giri che al massimo della potenza. Il motore 4T benzina è senza dubbio il più inquinante al minimo della potenza ed il motore 2T si posiziona ad un livello medio della tabella, in controtendenza con le precedenti tabelle.

Effettuando un riassunto dei test effettuati sui motori con differente alimentazione possiamo desumere la seguente tabella:

Motore	GIRI	Agenti inquinanti							Ecotossicità			TOT	
		Carbone organico	Azoto NO _x	Azoto NH ₄	Metalli	Micro-inquinanti COV	Micro-inquinanti HAP	SUB	Batterio marino	Alga marina	Larve di ostrica	SUB	TOT
2T Ben	MIN	3	0	3	2	4	2	2,33	4	4	2	3,33	2,8
2T Ben	MAX	4	4	2	1	3	3	2,83	3	1	2	2,00	2,4
4T Ben	MIN	1	0	0	1	2	1	0,83	1	1	4	2,00	1,4
4T Ben	MAX	2	2	2	3	2	2	2,17	0	0	1	0,33	1,3
4T GPL	MIN	1	1	0	1	1	1	0,83	0	0	1	0,33	0,6
4T GPL	MAX	2	3	0	2	1	0	1,33	0	1	0	0,67	0,8

Dalla media ponderata, che scaturisce dalla tabella, possiamo facilmente notare che senza dubbio il motore, che ha un maggior inquinamento ed un maggior impatto ambientale, è il motore 2Tempi con alimentazione a benzina verde.

L'introduzione sui motori marini del ciclo a 4Tempi a benzina ha ridotto della metà le emissioni inquinanti, ma effettuando un raffronto con l'alimentazione a GPL possiamo riscontrare come queste emissioni possano essere ulteriormente abbassate.

Se poi andiamo ad analizzare nel dettaglio delle tabelle quanto effettivamente può essere l'effettiva diminuzione di emissioni inquinanti con l'utilizzo del Gas di Petrolio Liquefatto (miscela Propano e Butano) rispetto all'alimentazione a benzina, possiamo senza particolari problemi affermare che l'abbattimento di HC incombusti è del 90%. Per cui il motore alimentato a GPL permette di inquinare un decimo rispetto all'utilizzo di benzina verde (95 ottani)