

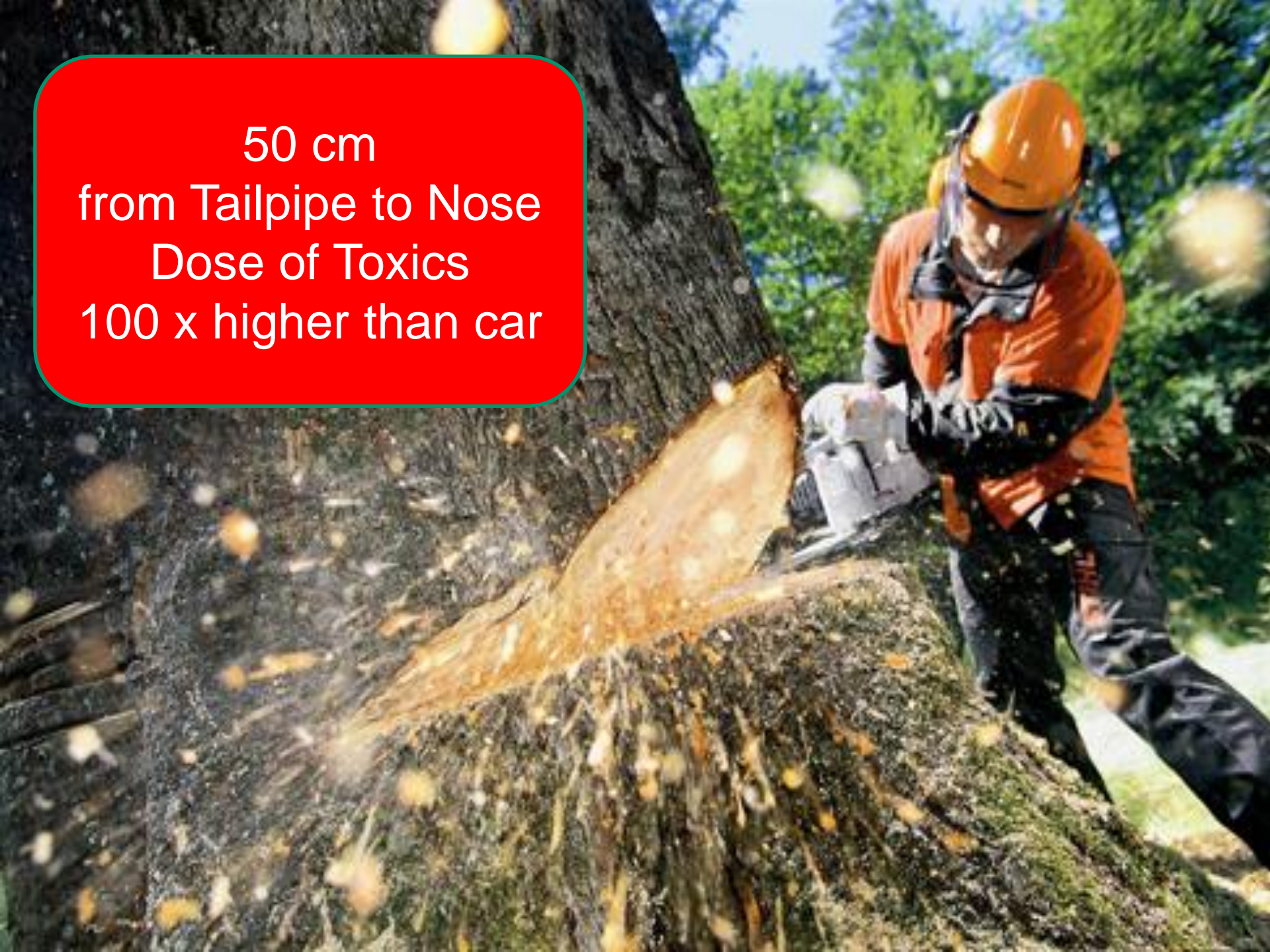
9. VERT Forum – EMPA Academy 14.3.2019

Best Available Technology for 2-Stroke Handheld Engines

VERT – Research Subject since 1998

A. Mayer, F. Greil, J. Czerwinski

50 cm
from Tailpipe to Nose
Dose of Toxics
100 x higher than car



Limit Values for handheld Petrol NRSh

Emissions stufe	Motorenunt erklasse	Leistung sbereich	Art der Motorzü ndung	CO	HC + NO _x
		kW		g/kWh	g/kWh
Stufe V	NRSh-v-1a	0<P<19	FZ	805	50
Stufe V	NRSh-v-1b			603	72

PM/PN and PAH not even mentioned

Meanwhile we are used to milligramms/kWh but here we are in the order of magnitude of Kilogramms

PROBLEM

high tox concentrations in very close proximity

- *CO → blood toxicity → accident risk*
- *HC – PAH → carcinogen, narcotics → acc.risk*
- *PM/PN → carcinogen, Trojan Horse*
- *Metal oxides → health, catalyst poison*

Legal Consequence:

→ apply Best Available Technology BAT

*BAT is not an unrealistic, idealistic target,
must be feasible and affordable → that's the engineering duty*

Schweizer Gerätebenzin

1998
pure alkylate
no aromates

2015
low lube content
no metals
to protect catalyst
and health

Quality guideline for small engine gasolines

Properties	Unit	Fuel	2-Stroke premix	Test method ¹⁾
Research octane number, RON	min.	93,0	93,0	EN ISO 5164
Motor octane number, MON	min.	90,0	90,0	EN ISO 5163
Lead content	max. mg/L	2,0	2,0	EN 237, ICP-OES
Density (at 15 °C)	kg/m ³	680,0 – 720,0	680,0 – 720,0	EN ISO 12185
Sulfur content	max. mg/kg	10,0	20,0	EN ISO 20846, EN ISO 20884
Copper corrosion (3 h at 50 °C)	rating	1	1 ²⁾	EN ISO 2160
Appearance			clear and bright	visual
Hydrocarbon type content:				EN ISO 22854
- olefins	max. % (V/V)	1,0	1,0	
- aromatics	max. % (V/V)	1,0	1,0	
Benzene content	max. % (V/V)	0,10	0,10	EN ISO 22854
Oxygen content	max. % (m/m)	0,10	0,10 ²⁾	EN ISO 22854
Vapour pressure (DVPE)	kPa	55,0 – 65,0	55,0 – 65,0 ²⁾	EN 13016-1
Distillation				EN ISO 3405
% evaporated at 70 °C, E70	% (V/V)	15,0 – 42,0	15,0 – 42,0 ²⁾	
% evaporated at 100 °C, E100 ³⁾	% (V/V)	40,0 – 72,0	40,0 – 72,0 ²⁾	
% evaporated at 150 °C, E150	min. % (V/V)	75,0	75,0 ²⁾	
Final Boiling point, FBP	max. °C	200	200 ²⁾	
Distillation residue	max. % (V/V)	1	3	
n-Hexane content	max. % (V/V)	0,5	0,5	EN ISO 22854
Cyclohexane components (up to and incl. C8)	max. % (V/V)	2,0	2,0	EN ISO 22854
Two stroke oil content ⁴⁾	% (V/V)	<0,1	1,7 ± 0,3 ⁵⁾	EN ISO 6246
Sulfated ash ⁶⁾	max. mg/kg	-	40	ASTM D 874, ISO 3987
Boron content	max. mg/kg	-	5	DIN 51443-2
Phosphorus content	max. mg/kg	-	5	EN 14107

OR + USG + LRV 1998 § 98

→ Norm Gerätebenzin SN 181163 per 1.1.1998

1 Grundlagen

1.1 Schweizerisches Obligationenrecht (OR) vom 30. März 1911

Art. 328 Der Arbeitgeber hat zum Schutz von Leben und Gesundheit des Arbeitnehmers die Massnahmen zu treffen, die nach der Erfahrung notwendig, nach dem Stand der Technik anwendbar und den Verhältnissen des Betriebes oder Haushaltes angemessen sind, soweit es mit Rücksicht auf das einzelne Arbeitsverhältnis und die Natur der Arbeitsleistung ihm billigerweise zugemutet werden kann.

1.2 Bundesgesetz über die Unfallversicherung (UVG) vom 20. März 1981

Art. 82.1 Der Arbeitgeber ist verpflichtet, zur Verhütung von Berufsunfällen und Berufskrankheiten alle Massnahmen zu treffen, die nach der Erfahrung notwendig, nach dem Stand der Technik anwendbar und den gegebenen Verhältnissen angemessen sind.

HaMaNet

Czerwinski, AFHB, since 2011

Hanheld
Machines
Network

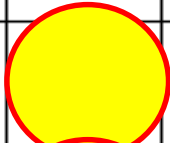
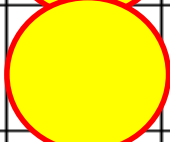
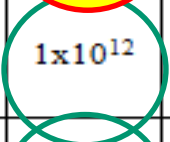
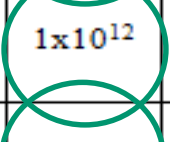
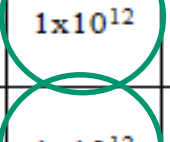
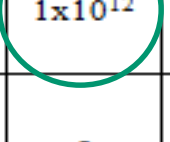
JRC/VELA; FOEN; Swiss Lubes; AECC;
MOTOREX; Aspen; Emak; STIHL;
Dolmar, Husquarna, KIT/MOT, Lubrizol, TTM,
AFHB

NRMM Directive is insufficient

**→ Meeting VERT
with EU-Commission
13.June 2017**

to offer best available technology

NRMM-Limits – NRE → PN introduced !?

Emissionsstufe	Motorenunterklasse	Leistungsreich	Art der Motorzündung	CO	HC	NO _x	Partikelmasse	PZ	A
		kW		g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	#/kWh	
Stufe V	NRE-v-1 NRE-c-1	0<P<8	SZ	8,00	(HC+NO _x ≤7,50)		0,40 ¹⁾		1,10
Stufe V	NRE-v-2 NRE-c-2	8≤P<19	SZ	6,60	(HC+NO _x ≤7,50)		0,40		1,10
Stufe V	NRE-v-3 NRE-c-3	19≤P<37	SZ	5,00	(HC+NO _x ≤4,70)		0,015	 1x10 ¹²	1,10
Stufe V	NRE-v-4 NRE-c-4	37≤P<56	SZ	5,00	(HC+NO _x ≤4,70)		0,015	 1x10 ¹²	1,10
Stufe V	NRE-v-5 NRE-c-5	56≤P<130	alle	5,00	0,19	0,40	0,015	 1x10 ¹²	1,10
Stufe V	NRE-v-6 NRE-c-6	130≤P≤560	alle	3,50	0,19	0,40	0,015	 1x10 ¹²	1,10
Stufe V	NRE-v-7 NRE-c-7	P>560	alle	3,50	0,19	3,50	0,045	-	6,00



Particle Size must be addressed

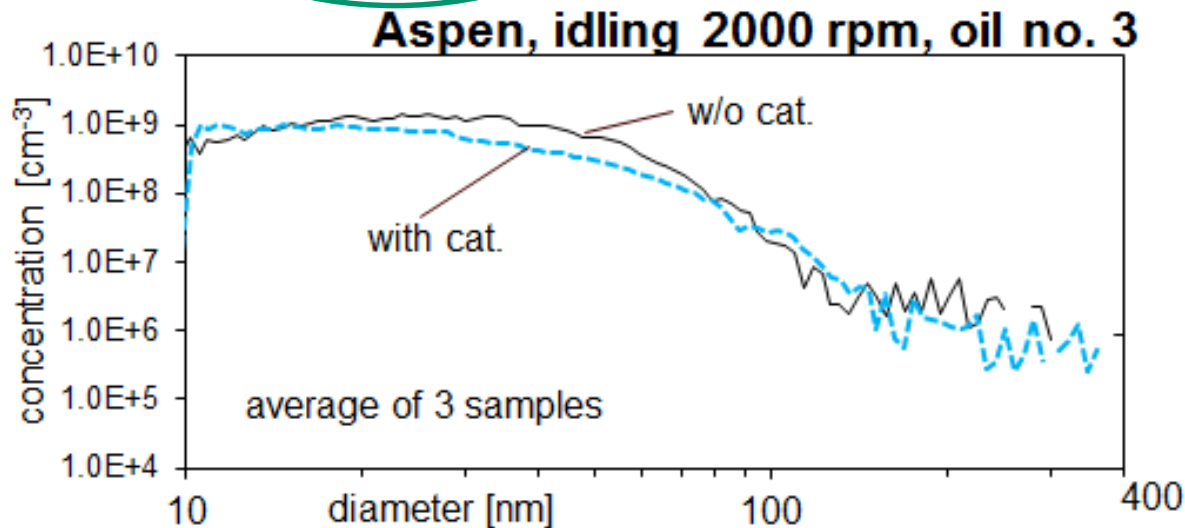
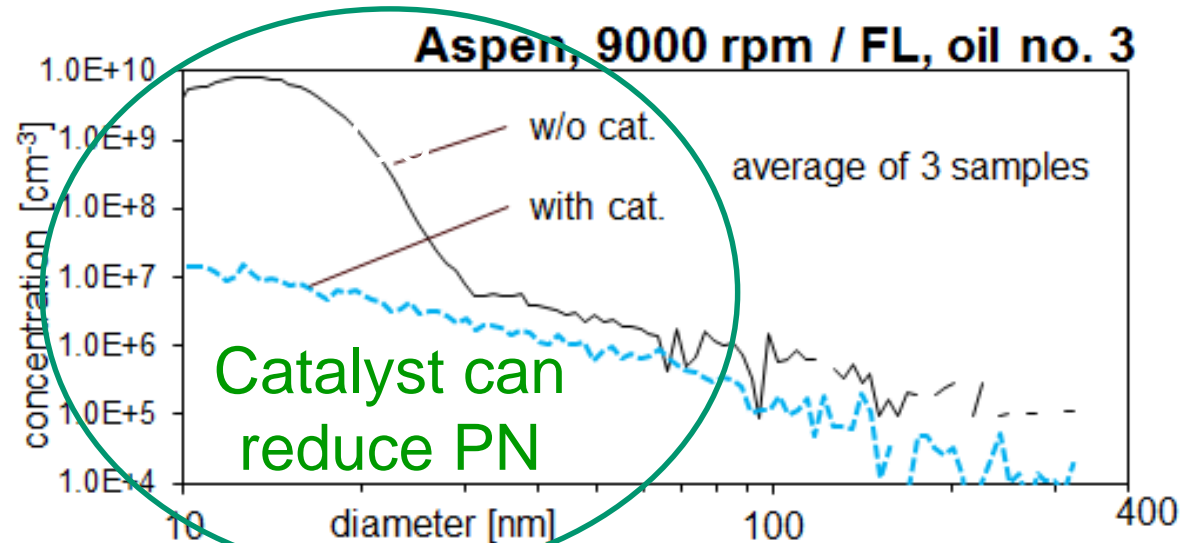
All substances which are not readily soluble in the organic liquids and arrive in the alveoli as particles < 500 nm are part of this group whether they are actually solid (soot or metal oxides) or semivolatile

*don't exclude high boiling oil particles,
maybe partly pyrolyzed and most probably
containing ultrafine ash condensation cores*

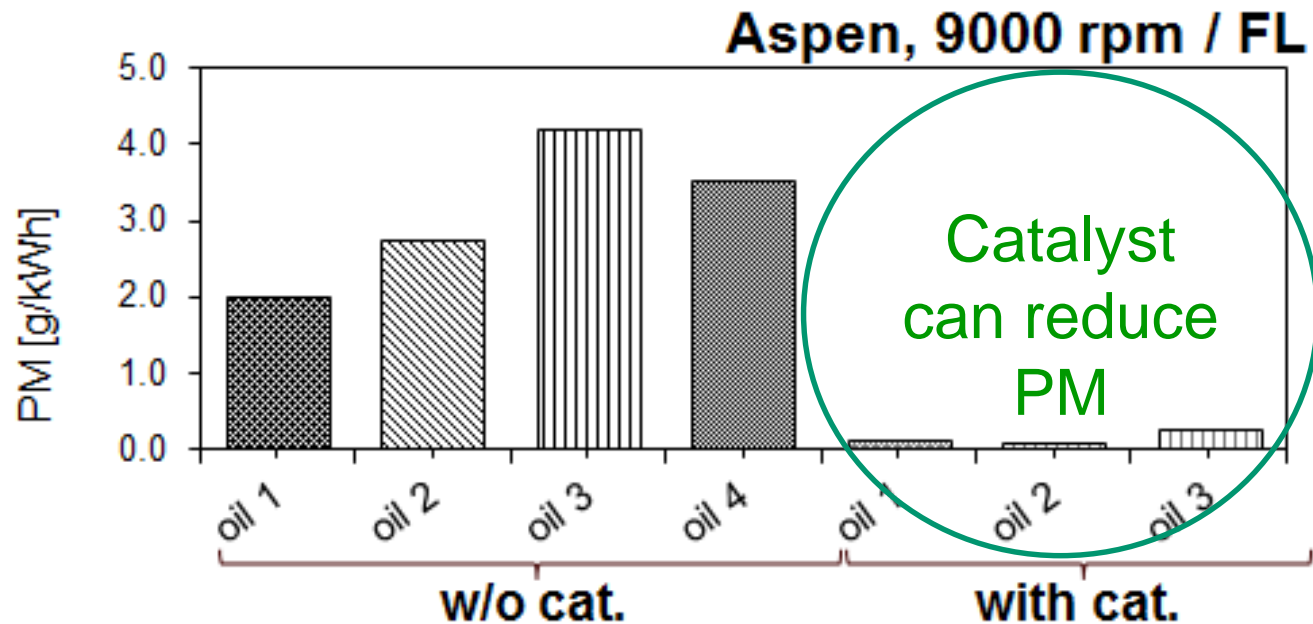
Secondary Emissions must be addressed

→ so far they are not even
mentioned in legislation and
measurement protocols
except in Swiss SN 277206

Influences of oxidation catalyst on particle size distributions (PSD) at full load & idling



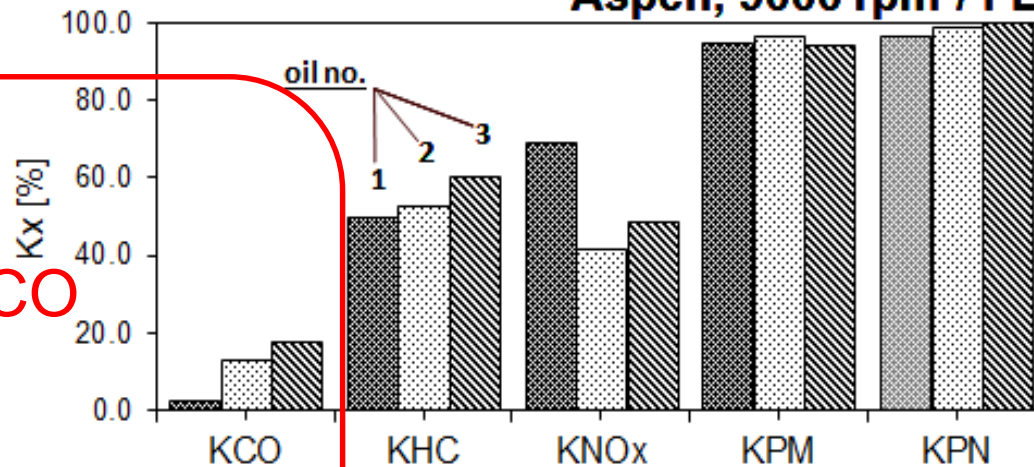
Particle mass (PM) with different lube oils at full load



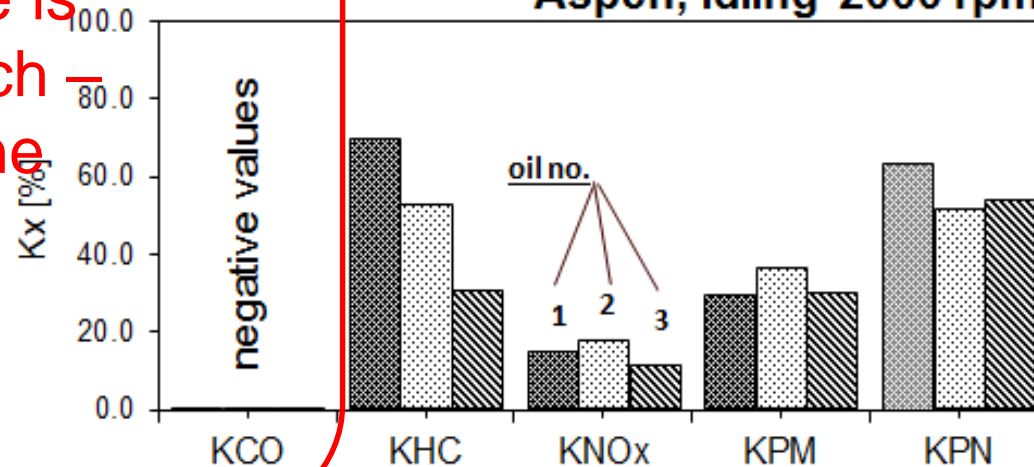
Lubrication Oil
composition and total amount
have a large influence

Reduction rates of emissions with oxidation catalyst

Aspen, 9000 rpm / FL



Aspen, idling 2000 rpm

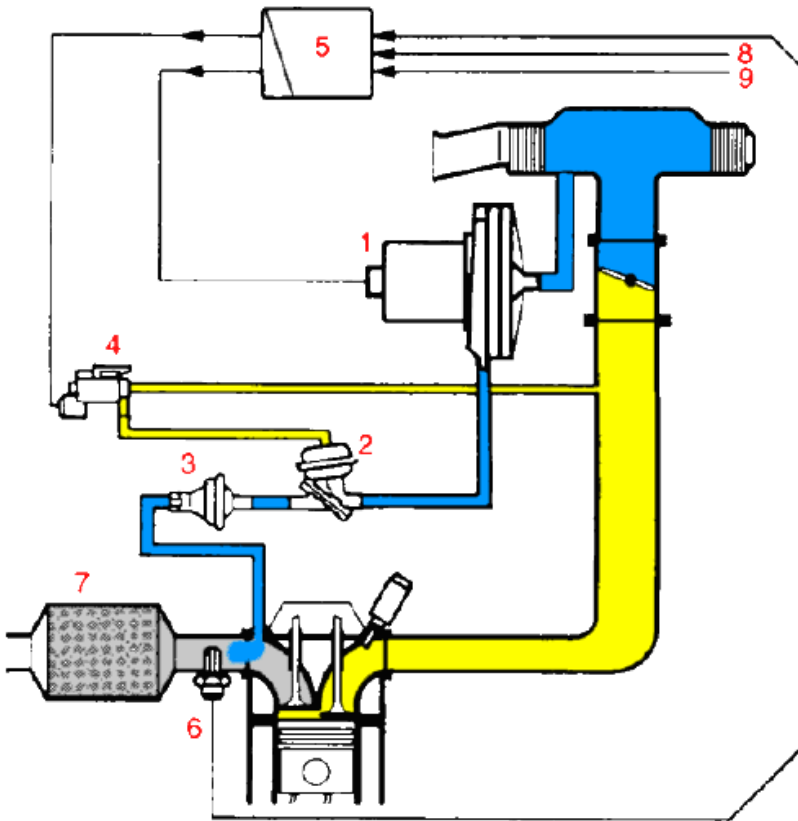


Effect on CO
is minimal
since
the engine is
running rich –
no oxygen
available

New Approach

Effects of PulsAir (B507)

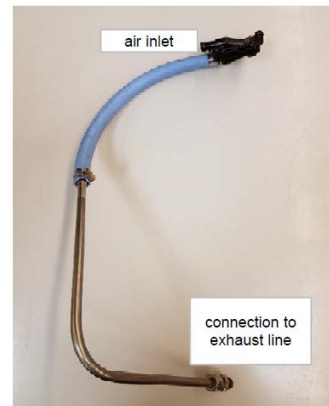
(Catalysts by BUCK, BAUMOT and UMICORE)



Cat. 1 - LO-TECH METAL



Cat. 2 - Buck wire-mesh

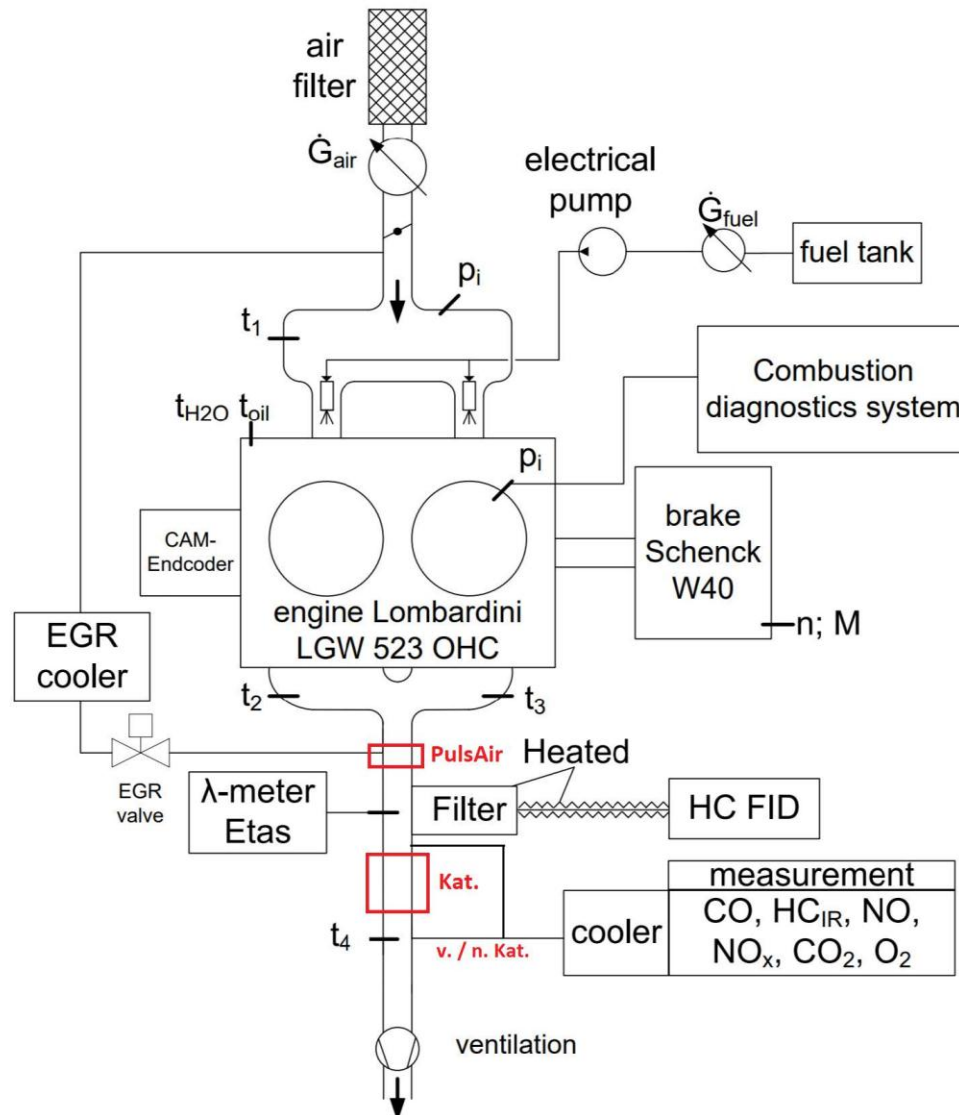


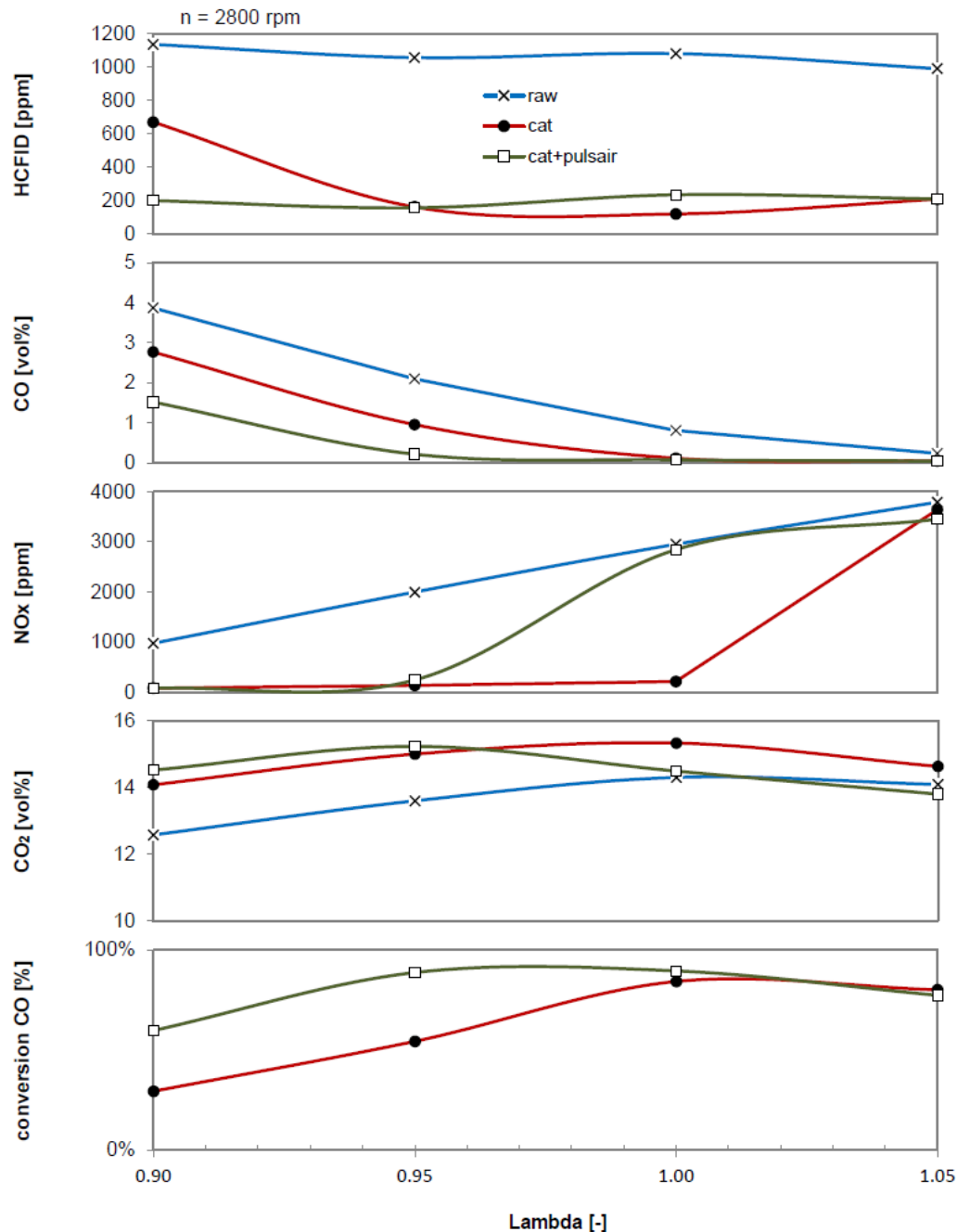
Pulsair connecting pipe



Pulsair valve

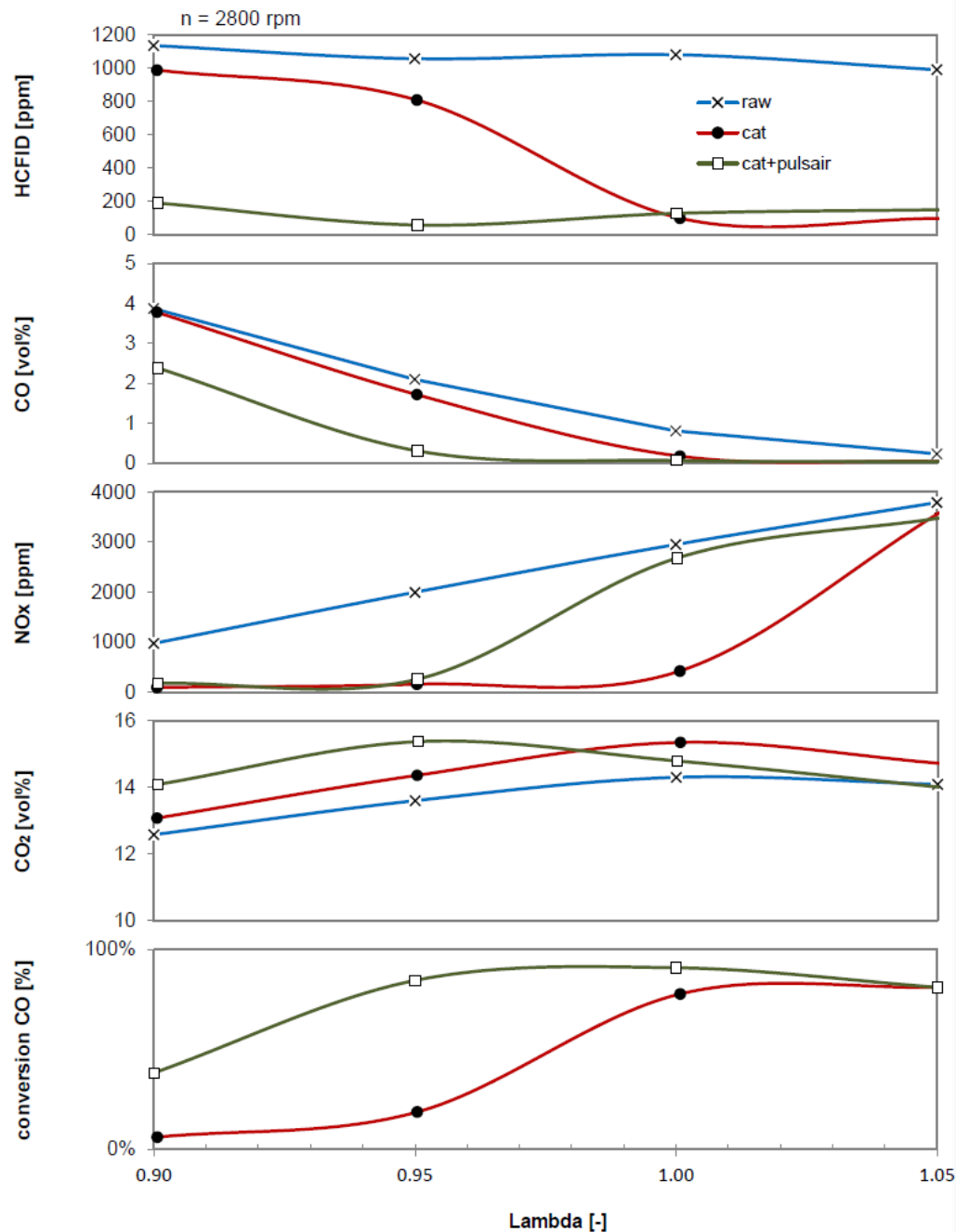
Measuring set-up on engine dynamometer





Potential of Oxicat with Pulsair, lambda variation

Lombardini LGW523; Gasoline;
cat1, pulsair; serie LO-TECH METAL
 α_z = variable @ α^{zopt} ;
 $\lambda = 1.05/1.0/0.95/0.9$;
Throttle = const = 30%



Potential of Oxicat with Pulsair, lambda variation

Lombardini LGW523; Gasoline;
cat2, pulsair; serie wire mesh

α_z = variable @ α^{zopt} ;

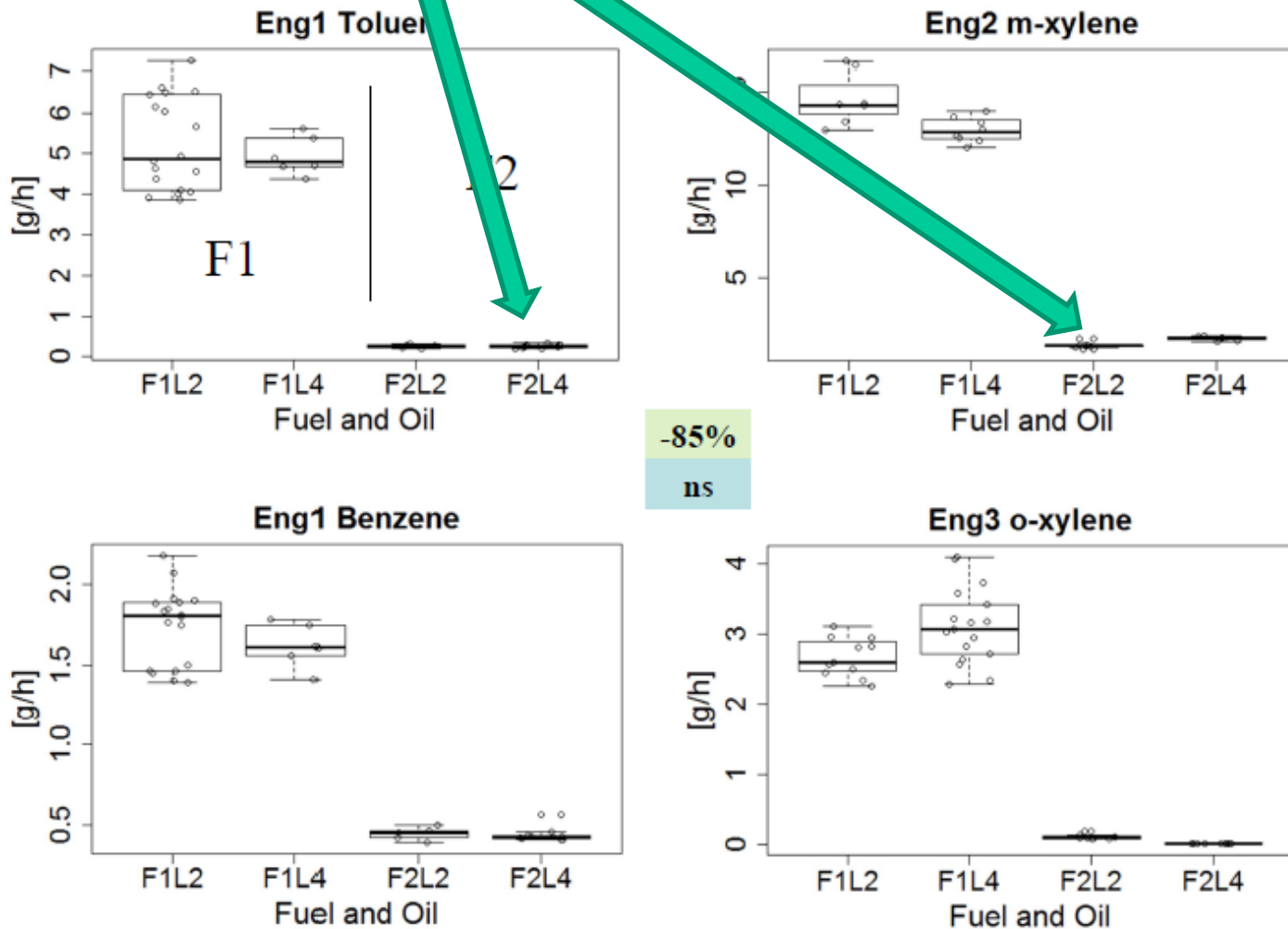
$\lambda = 1.05/1.0/0.95/0.9$;

Throttle = const = 30%

JRC Test Results 2016 (Zardini)

F1: normal fuel; F2: Alkylate

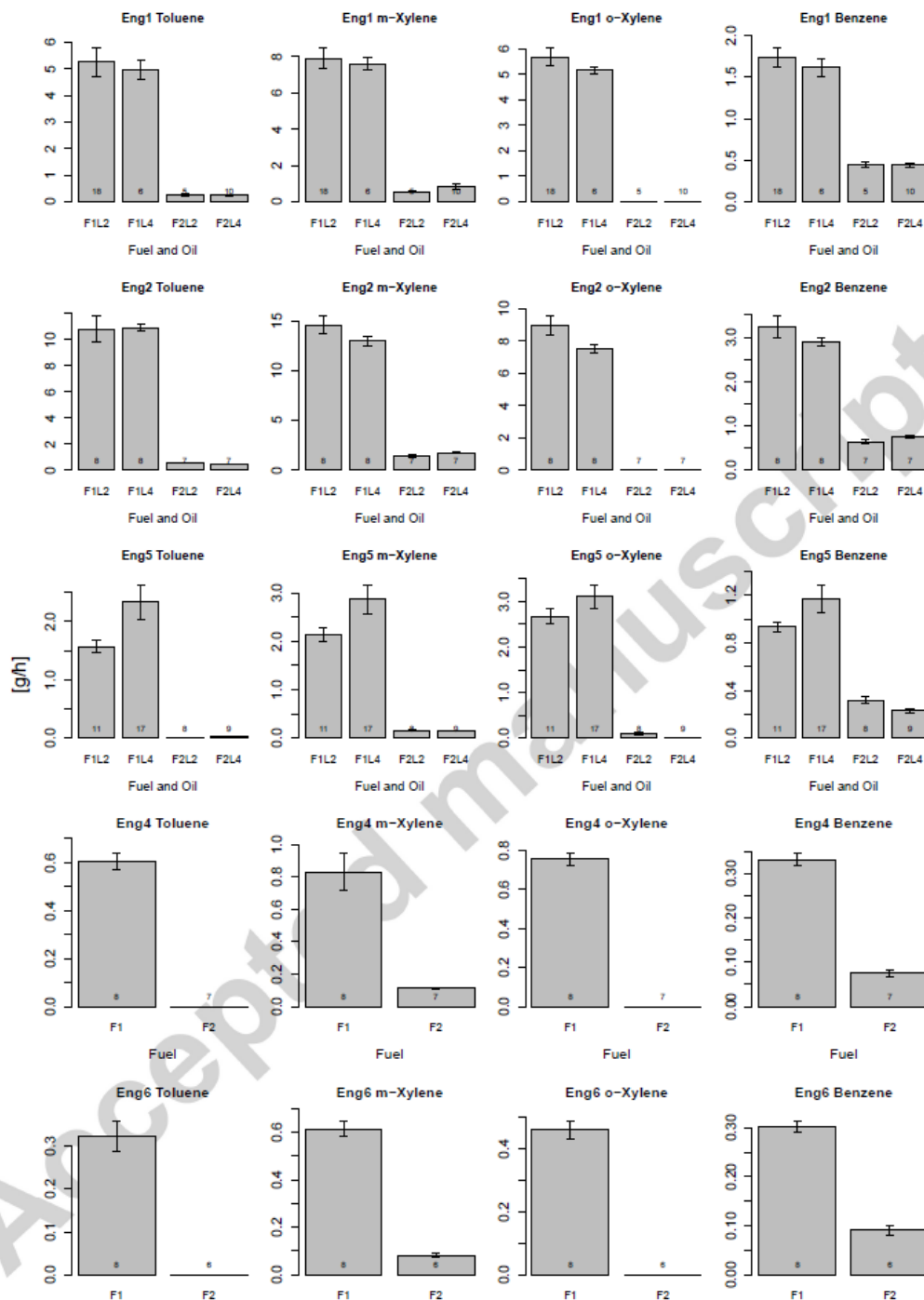
Aromatics



JRC / Zardini)

Dec. 2018

Effect of Alkylate (F2) on five 2-stroke engines



New VERT-Approach

Member of the EU-Parliament

officially request from the Commission

a Statement with respect to Benzene in Fuels

Anfrage zur schriftlichen Beantwortung E-004888/2018

an die Kommission

Artikel 130 der Geschäftsordnung

Karin Kadenbach (S&D)

Betrifft: Treibstoff in Arbeitsgeräten mit Zwei-Takt-Motoren

- 1) Müssen gemäß REACH ausschließlich Kraftstoffe mit einem Benzolgehalt von max. 0,1 Prozent in Motoren der Kategorien NRS und NRSh aufgrund der VO (EU) 2016/1628 verwendet werden?
- 2) Müssen möglichst benzolfreie Treibstoffe in diesen Motoren verwendet werden, damit dem Substitutionsgebot in Art. 4 der RL 2004/37/EG entsprochen wird?

10.December 2018

EU-Commission confirms: Benzene in Fuels for handheld machines NRS & NRSh must be < 0.1% following REACH 1907/2006

→ Swiss SN 181163 should have been enforced since 2006 in all Europe and Switzerland

DE

E-004888/2018

Antwort von Frau Bieńkowska

im Namen der Europäischen Kommission

(10.12.2018)

Die Verordnung zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH)¹ beschränkt das Inverkehrbringen und die Verwendung von Benzol in Gemischen auf Konzentrationen von $\geq 0,1$ Gewichtsprozent². Motorkraftstoffe, die unter die Richtlinie 98/70/EG³ fallen, sind von der Beschränkung für Benzol gemäß der REACH-Verordnung ausgenommen. Motoren der Klasse NRS und NRSh sind nach der Verordnung (EU) Nr. 2016/1628⁴ jedoch Benzinmotoren. Die primäre Verwendung dieser Art von nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschinen und Geräten ist nicht verkehrsbezogen. Für Maschinen und Geräte, die nicht für Verkehrszwecke verwendet werden, gilt die Richtlinie 98/70/EG über die Qualität von Kraftstoffen nicht. Daher gilt die Beschränkung gemäß der REACH-Verordnung für Kraftstoffe für Motoren der Klasse NRS und NRSh.

11.Dec. 2018

Occ.Health Directive to protect Workers from Carcinogenes

Occupational Health Directive including Diesel Exhaust approved by Parliament

On 11 December 2018, the European Parliament approved the amendment of Directive 2004/37/EC on the protection of workers from the risks related to exposure to carcinogens or mutagens at work, following the trilogue agreement settled with the Council (*see AECC Newsletter of October 2018*).

The new provisions set exposure limit values (maximum amount of substance allowed in workplace air) and skin notations (the possibility of significantly absorbing the substance through the skin) for eight additional carcinogens:

- Diesel engine exhaust emissions
- Epichlorohydrine
- Ethylene dibromide
- Ethylene dichloride
- 4,4'-Methylenedianiline
- Trichloroethylene
- Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) mixtures, particularly those containing benzo[a]pyrene and
- Mineral oils that have been used before in internal combustion engines to lubricate and cool the moving parts within the engine.

Conclusions VERT

communicated to EU-Commission

- *Enforce Alcylate Fuel for all handheld*
- *Limit Lubrication Oil to 1.5%*
- *Eliminate Metals in Lubricants*
- **Use Secondary Air with Catalyst**

to burn CO and HC but control combustion rate

- *Standardize Lubrication Oils*
- *Establish Insp. & Maintenance Rules*

2019 BAFU supports tests with chainsaw

Conclusions VERT

extend measures to scooters (Tehran):

- Oxidation Catalyst with Secondary Air
BAFU supports experimental projects in Biel*
- Provide wiremesh catalysts (as used in USA)
BUCK manufactures 20 substrates
BAUMOT applies oxidation coating
TEHRAN organizes retrofit and test*
- introduce Alcylate Fuel with lube oil < 1.5%*