

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria Aerospaziale

Relazione per la prova finale
***«Combustibili per il settore aeronautico:
caratteristiche e prospettive »***

Tutor universitario: Prof. Bertani Roberta

Laureando: *Bolletta Nicola*

Padova, 12/07/2024

L'aviazione è un settore in crescita

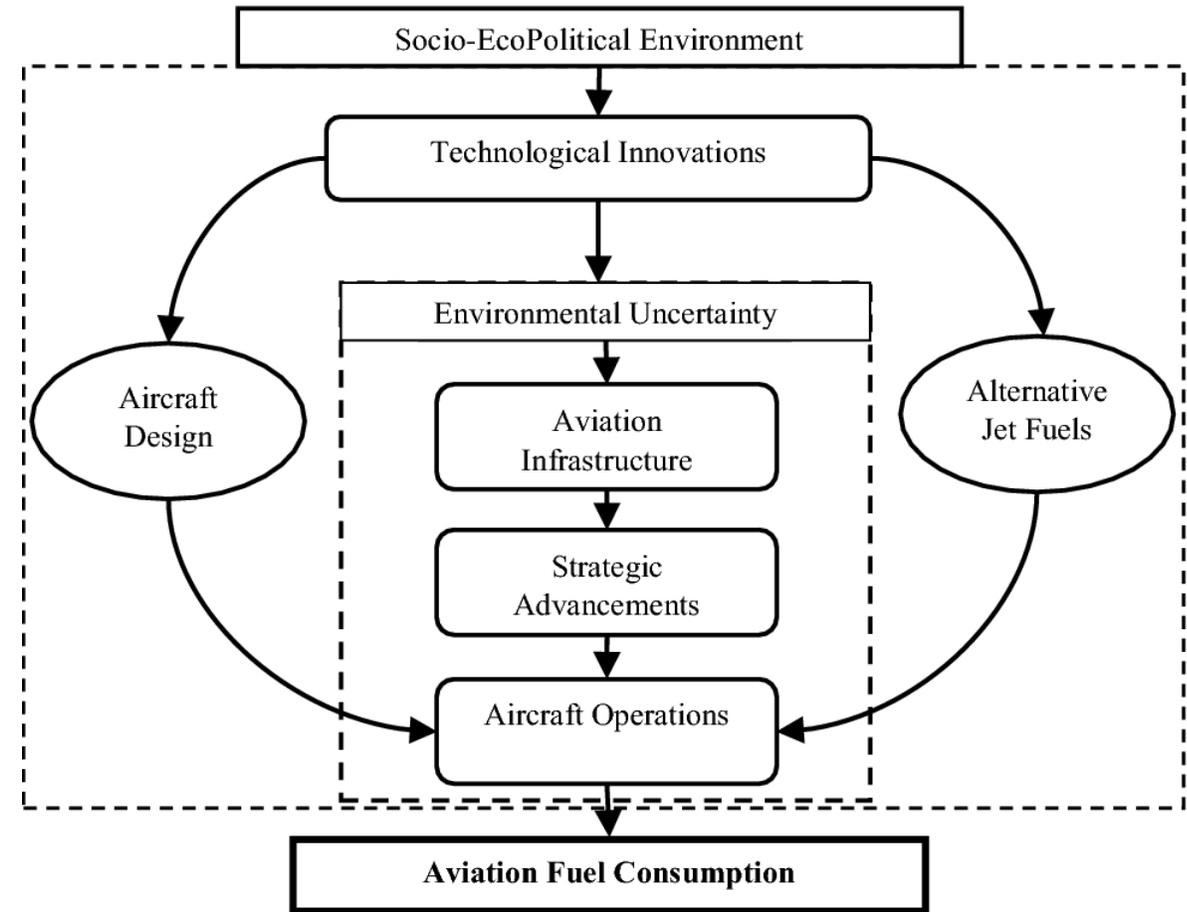
Crescita del 3% annuo della domanda di carburante

Entro il 2050 l'uso del trasporto aereo sarà quadruplicato

Il costo del carburante raggiunge il 30% dei costi operativi di una compagnia aerea

Necessità di ridurre le emissioni di CO₂ per rispettare le normative internazionali

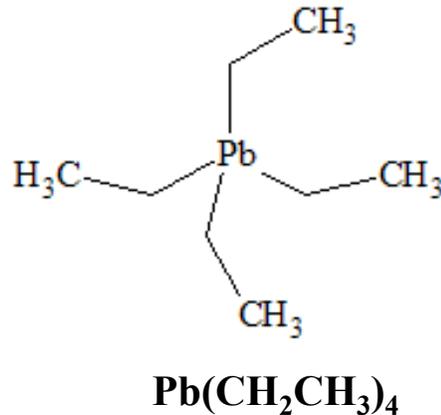
Procedure e protocolli per ridurre i costi e aumentare l'efficienza, quindi ridurre il consumo di carburante



- **Brevi cenni storici**
I primi carburanti e le problematiche riscontrate
- **Situazione attuale**
Carburanti attualmente in uso e le loro proprietà
- **Tecnologie in fase di sviluppo**
Comprenderne i vantaggi e l'effettivo utilizzo su larga scala
- **Conclusioni**

Usata nei motori ad accensione comandata

Aggiunta di piombo tetraetile per aumentare il numero di ottano



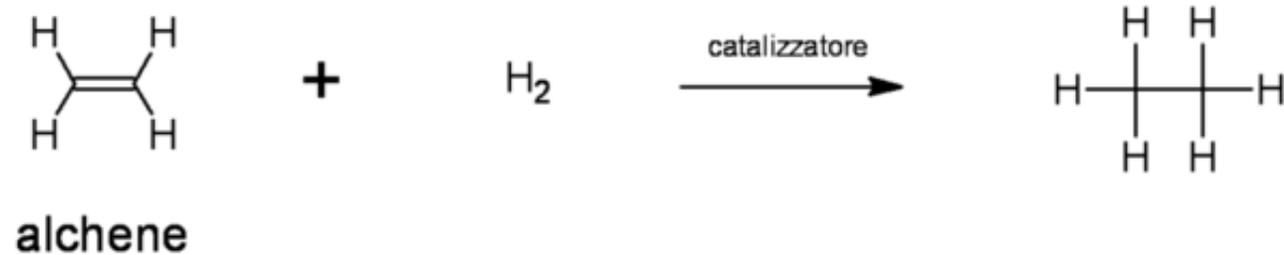
Raggiungimento del grado 100LL

Prevalentemente costituita da paraffine derivati dalla raffinazione di miscele di butene e di isobutano

		Grade 100LL
Property		
COMBUSTION		
Net heat of combustion (MJ/kgC)	min	43.5
Octane rating		
Knock value, motor octane number	min	99.6
Composition		
Sulfur, mass percent	max	0.05
Tetraethyl lead		
TEL, mL/L	min	0.27
	max	0.53
Pb, g/L	min	0.28
	max	0.56
Requirements for All Grades		
VOLATILITY		
Vapor pressure, 38°C, kPa	min	38.0
	max	49.0
Density at 15°C, kg/m ³		720
Distillation, °C		
Initial boiling point		
Fuel evaporated		
10 volume percent at °C	max	75
40 volume percent at °C	min	75
50 volume percent at °C	max	105
90 volume percent at °C	max	135
Final boiling point	max	170
Sum of 10 % + 50 % evaporated temperatures	min	135
Recovery volume percent	min	97
Residue volume percent	max	1.5
Loss volume percent	max	1.5
FLUIDITY		
Freezing point, °C	max	-58

Utilizzati nei motori a getto, quindi in una combustione in camera aperta che sfrutta il ciclo Brayton-Joule

Distillato tra 150 – 290°C e poi sottoposto a hydrotreating (idrogenazione e rimozione di contaminanti)



Pressoché invariati negli anni ad oggi vengono utilizzate 3 tipologie:

- Jet A
- Jet A-1
- JP-8

I primi due differiscono solo per il punto di congelamento mentre il terzo è ad uso militare

Principalmente idrocarburi da C₉ a C₁₆

Più di 1000 componenti individuali

Prevalentemente composte da:

- **Paraffine (lineari e ramificate)**
- **Cicloalcani**
- **Composti aromatici**

La presenza di composti aromatici viene limitata al 25% per evitare l'eccessiva produzione di fuliggine

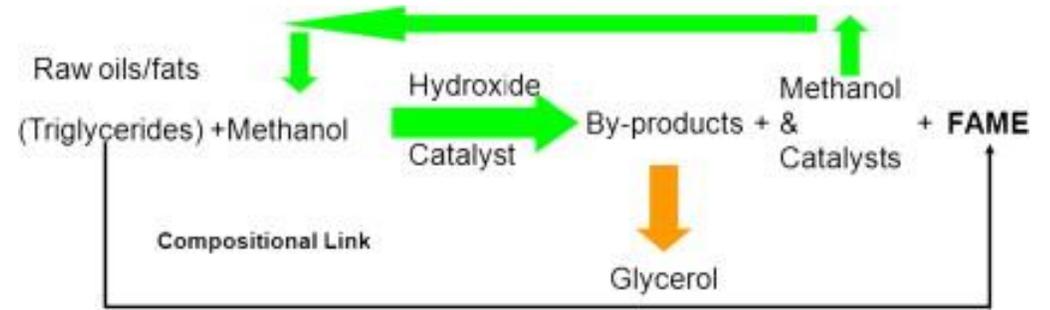
Proprietà	JP-8	Jet A/Jet A-1
Peso molecolare	152	162
Formula approssimata	C _{10.9} H _{20.9}	C _{11.6} H ₂₂
Numero di atomi di C nel combustibile	10.9	11.6
Rapporto H/C	1.92	1.9
Punto di ebollizione °C	204	216
Peso specifico a 15°C	0.81	0.81
Composizione media a 15°C		
Composti aromatici	18(mono)+2(di)	18
Cicloalcani	20	20
Alcani	28(n-par)+29(i-par)	60
Alcheni	-	2

Entrambi hanno un potere calorifico di 42,8 MJ/kg

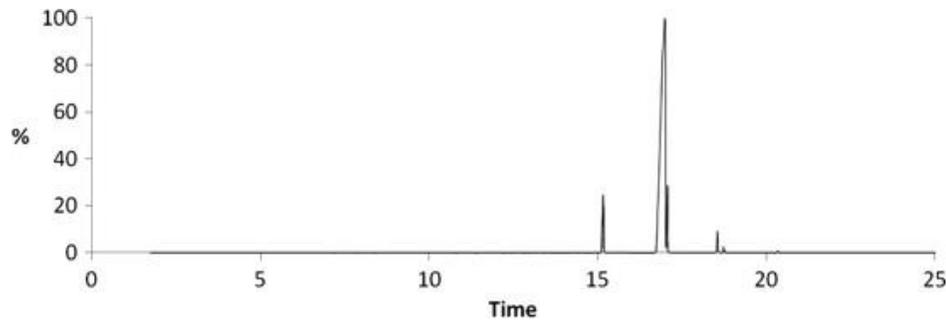
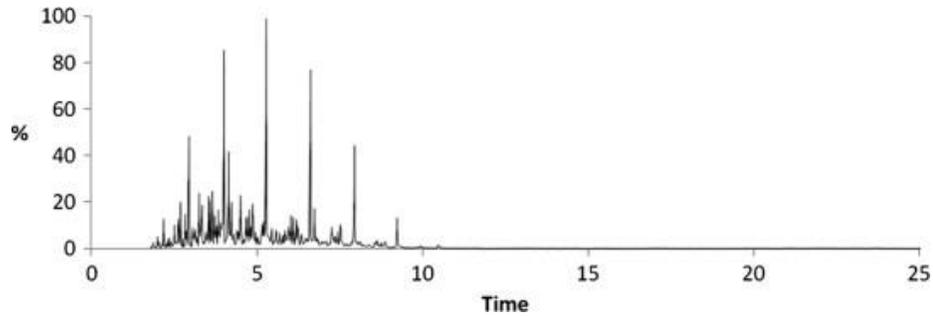
JP-8 contiene additivi antigelo, anticorrosione e antistatici

- **Elevato potere calorifico**
- **Buona atomizzazione**
- **Determinate caratteristiche di combustione**
- **Basso rischio di esplosione**
- **Assenza di impurità**
- **Minima formazione di fuliggine**
- **Bassa viscosità**
- **Basso punto di congelamento**
- **Stabilità termica e chimica**
- **Disponibilità su larga scala**
- **Costo accettabile**
- **Sostenibilità**

Acidi grassi esterificati (FAE) → **Esteri metilici (FAME)**
 → **Esteri etilici (FAEE)**



www.dii.unipd.it



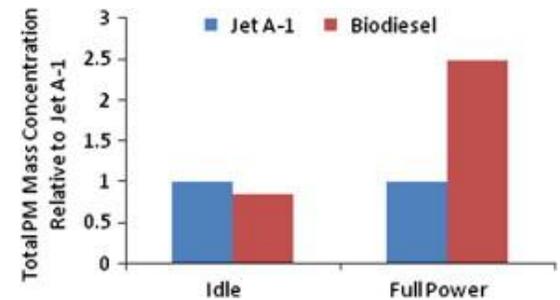
gascromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma (GC-FID)

Meno vapori disponibili all'accensione

Minore efficienza di combustione

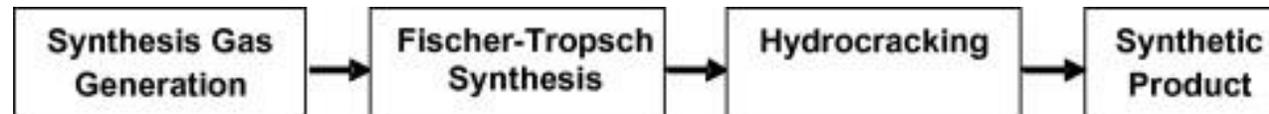
Incombusti dispersi nell'aria

300% particolato rispetto a Jet A-1

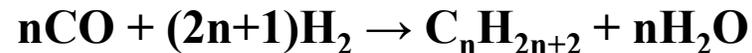


Miscela gassosa di idrogeno e monossido di carbonio

Liquefazione di materie prime come carbone, gas o biomasse tramite processo Fischer-Tropsch



Riduzione del monossido di carbonio a 170-220°C e 2-10 atm



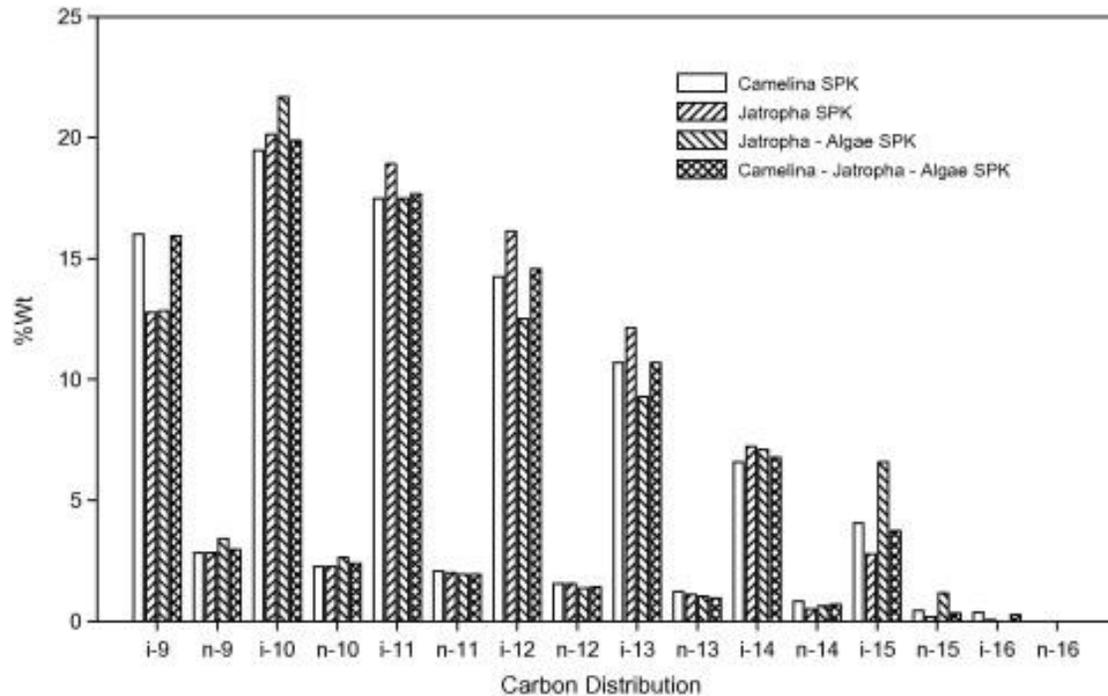
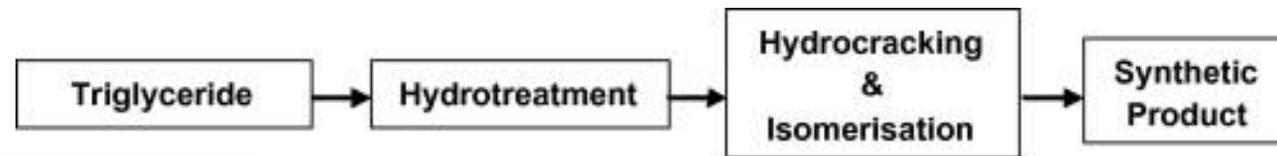
Da 1m³ si ottengono 130-140g di syngas

Basso numero di ottano (< 40) —————> reforming catalitico o aggiunta antidetonanti

Basse emissioni di CO₂ durante la combustione ma elevate in fase di produzione

Tecnologia a un livello di sviluppo inferiore

Idrocracking di trigliceridi a 300°C e 100 atm. Elimina elementi indesiderati (zolfo e aromatici) per poi scomporre e riarrangiare le catene carboniose



Basso punto di congelamento

Alto punto di fumo

Ampia gamma di materie prime utilizzabili:

- Olio di colza
- Olio di palma
- Alghe
- Jatropha
- Soia

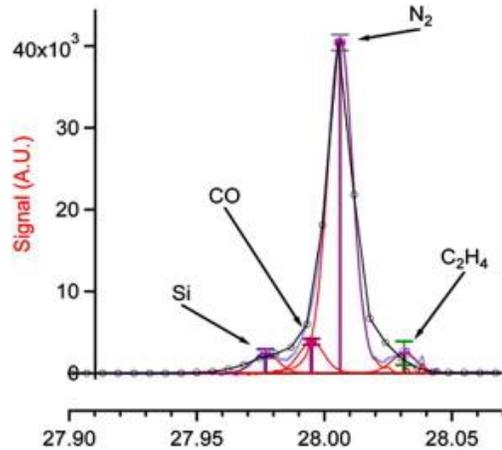
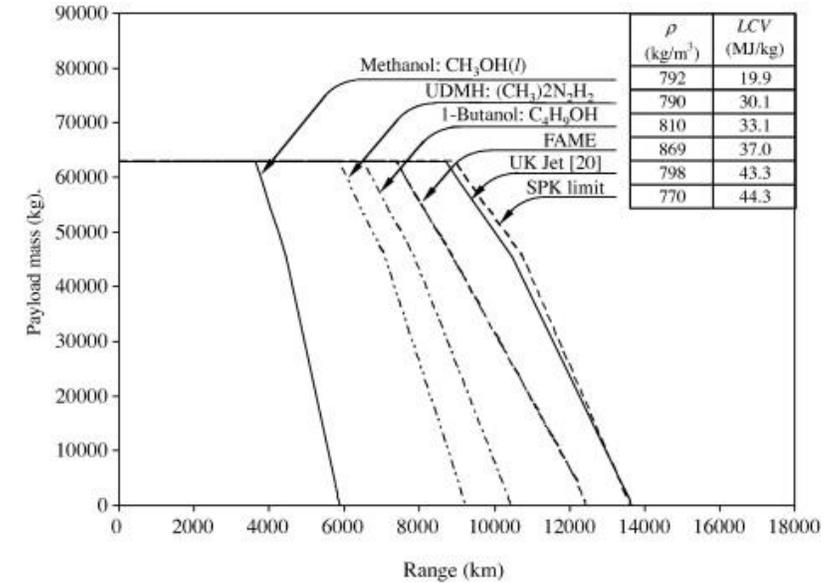
Potere calorifico di 20-35 MJ/kg

Peggiori caratteristiche di combustione

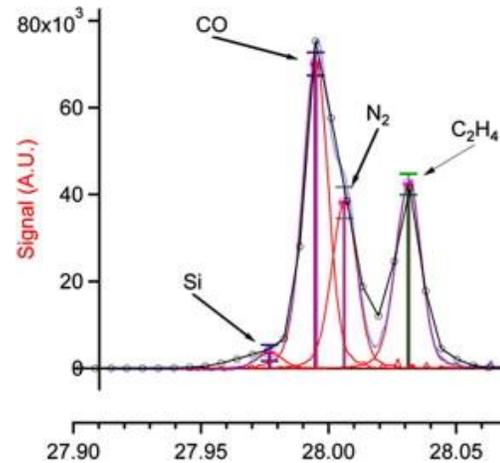
Emissioni di particolato superiori

Emissioni di CO₂ trascurabili in fase di combustione

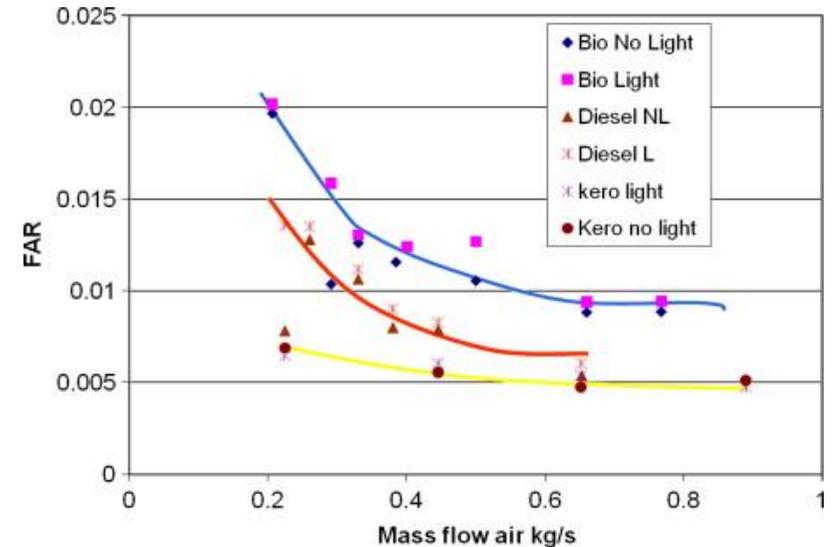
Emissioni di CO₂ elevate in fase di produzione



Particolato volatile prodotto da Jet A



Particolato volatile prodotto da Biodiesel



La gamma di carburanti alternativi è limitata a quelli che possono soddisfare le necessità della maggior parte dei velivoli in uso

Bisogna ancora comprendere le reali conseguenze dell'uso dei combustibili alternativi sul ciclo di vita di un motore e delle emissioni nell'ambiente sul lungo periodo

Il basso contenuto energetico in funzione del peso impatta sul range operativo e quindi sul carico pagante

Il processo produttivo dei carburanti alternativi deve essere migliorato per aumentare la disponibilità e la sostenibilità