



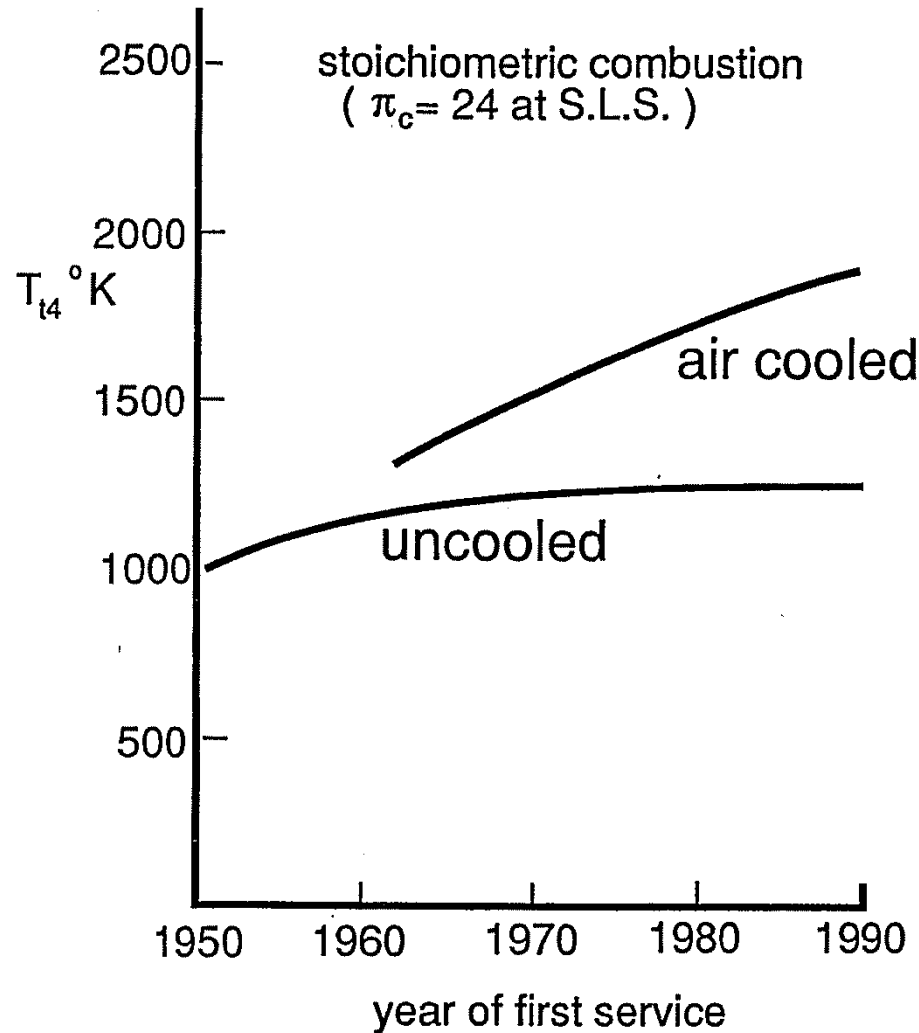
MODELLAZIONE e SIMULAZIONE dei SISTEMI ENERGETICI

REFRIGERAZIONE delle TURBINE a GAS

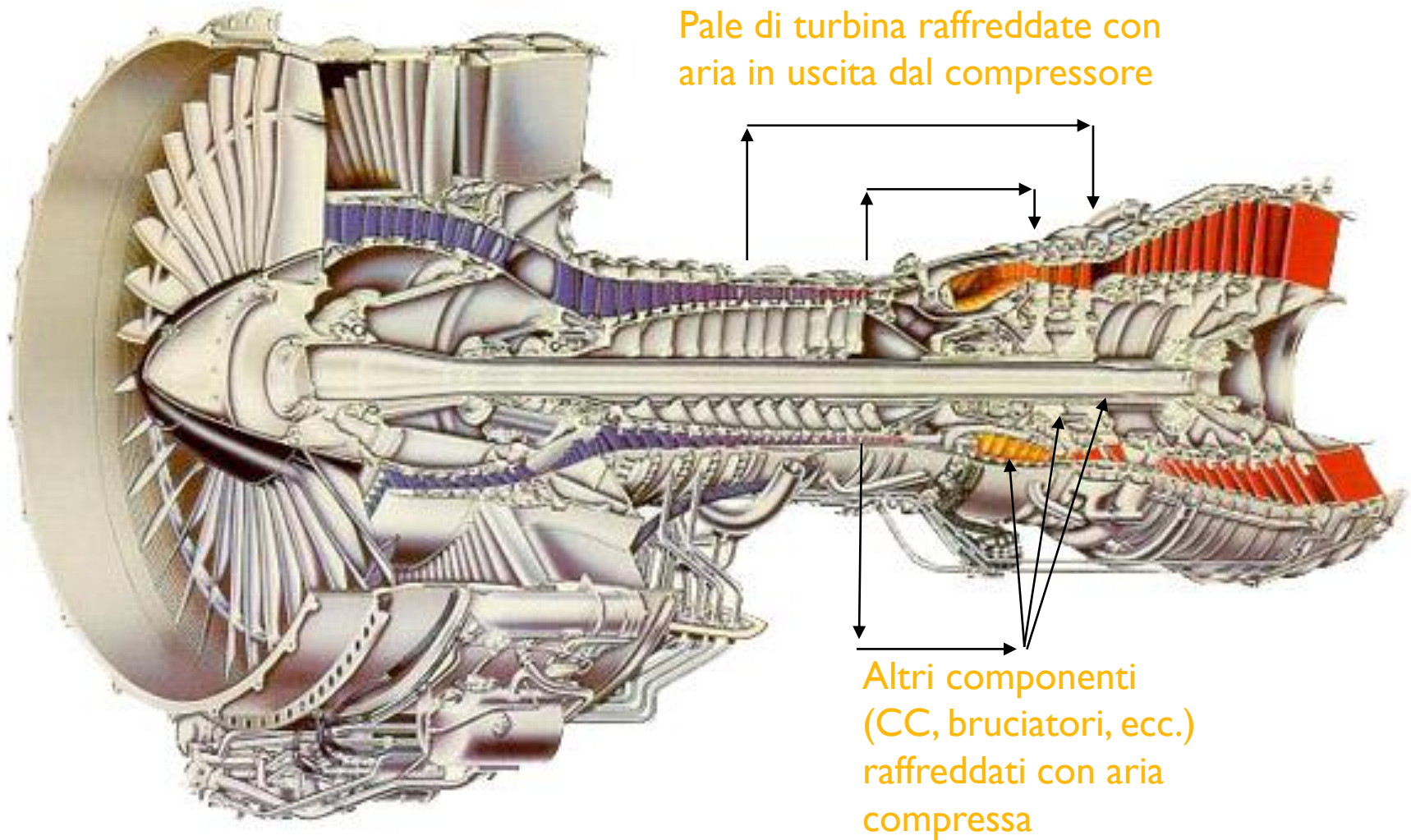
Ing. Vittorio Tola

DIMCM - Dipartimento di Ingegneria
Meccanica, Chimica e dei Materiali

RAFFREDDAMENTO delle PALE



RAFFREDDAMENTO delle TURBINE



RAFFREDDAMENTO delle PALE

- **Metodologie:**
 - Raffreddamento convettivo
 - Film Cooling
 - Traspirazione

MODELLO di EL-MASRI

- **Raffreddamento per film cooling:**
 - consente una migliore resa, combinando gli effetti convettivi a quelli di mescolamento;
 - il flusso d'aria proveniente dal compressore, dopo aver percorso i canali interni ed averle raffreddate per convezione, fuoriesce da appositi fori e si mescola alla portata principale,
 - riduzione della temperatura del gas e aumento della massa evolvente in turbina, con conseguente aumento di potenza.

Trattazione semplificata con le seguenti assunzioni:

- Riduzione della pressione totale dovuta alla miscelazione trascurabile;
- Flussi d'aria di raffreddamento supposti concentrati in ingresso allo statore ed in uscita al rotore;
- Asportazione di calore da parte del flusso principale rappresentabile mediante una diminuzione di temperatura del flusso principale.

MODELLO di EL-MASRI

- Si hanno quindi delle riduzioni della temperatura del flusso principale che si possono assumere concentrate all'ingresso del corpo statore e all'uscita del corpo rotore. Una volta fissate le temperature massime raggiungibili dalle palettature statoriche e rotoriche e calcolate le temperature del ciclo, è possibile valutare la portata d'aria di raffreddamento necessaria tramite la:

$$m_C = m_G \cdot (C_{pG}/C_{pC}) \cdot St_G \cdot N \cdot (\Omega_B/\Omega_G) \cdot (1/\varepsilon_B) \cdot (1-\eta_F) \cdot (\Phi/(1-\Phi))$$

dove:

- m_C indica la portata di fluido refrigerante;
- m_G indica la portata di gas;
- St_G è il numero di Stanton della portata di gas caldi;
- N il numero di stadi raffreddati;
- Ω_B e Ω_G sono la area della superficie esterna della pala e la sezione di passaggio dei gas caldi

MODELLO di EL-MASRI

ε_B , η_F e Φ sono dei parametri pari a:

$$\varepsilon_B = [(T_C)_U - T_C] / (T_B - T_C)$$

$$\eta_F = (T_G - T_{AD,B}) / (T_G - T_B)$$

$$\Phi = (T_G - T_B) / (T_G - T_C)$$

dove:

- T_C e $T_{C,U}$ temperature del fluido di raffreddamento, all'ingresso e all'uscita del sistema;
- T_G temperatura dei gas evolventi in turbina;
- T_B temperatura massima sopportabile dai materiali della pala.
- $T_{AD,B}$ temperatura adiabatica della pala, ovvero quella che raggiungerebbe se fosse termodinamicamente isolata dal suo interno.

PARAMETRI RAFFREDDAMENTO

In tabella sono indicati i valori dei parametri caratteristici per tutte le modalità di raffreddamento .

Parametro	valori medi
St_G	0.004÷0.006
ε_H	<ul style="list-style-type: none">– Convezione interna: 0.3÷0.4– Film cooling: ≈ 0.5– Traspirazione: 1
η_F	0.2÷0.3
N	<ul style="list-style-type: none">– turbina a gas industriale: 2– turbina a gas aeroderivata: 3
Ω_B / Ω_G	≈ 4