

Louvers

Riferimento:
(D. G. Gilmore)

Louvers

Sono sistemi attivi che possono variare il calore rigettato in rapporto 1:6 tra la posizione di totale apertura e quella di totale chiusura.

Sono sistemi da utilizzare quando il calore da dissipare varia notevolmente in modo ciclico (duty cycle).

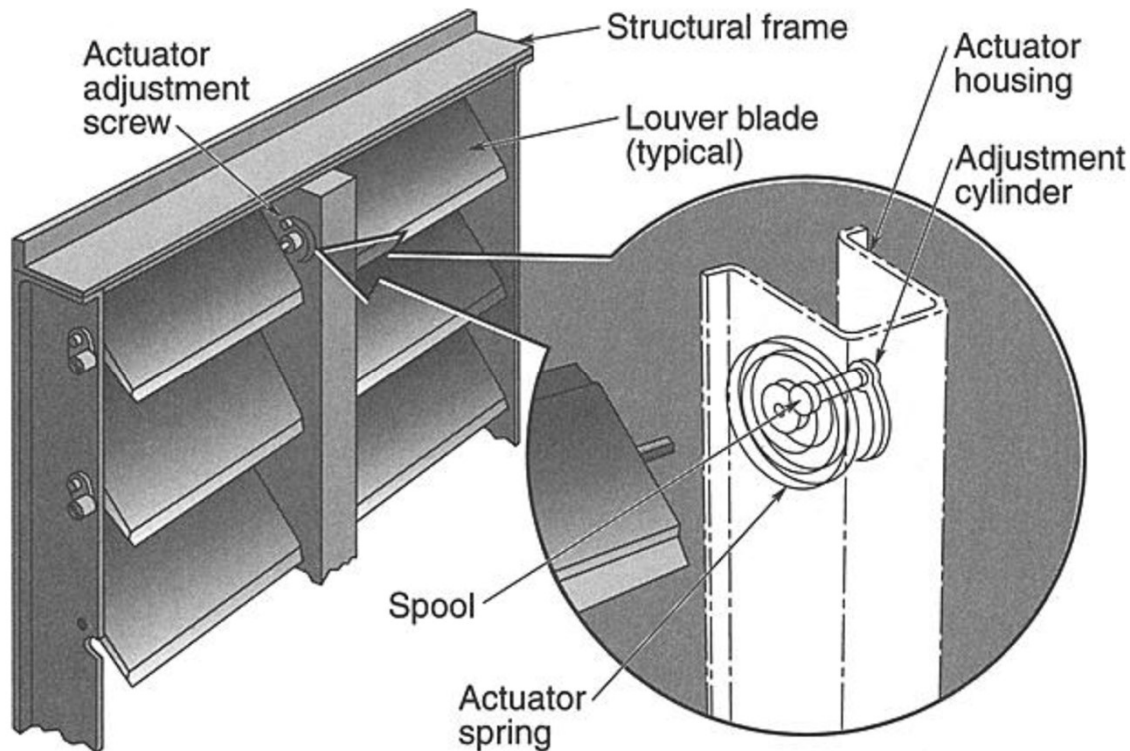
Il sistema maggiormente utilizzato è quello delle veneziane (venetian blind): elementi metallici rettangolari attuati da meccanismi a molla.

Louvers attivati idraulicamente e louvers radiali (pinwheel louvers) sono meno utilizzati oggi che in passato.

Ogni elemento può essere movimentato autonomamente in modo da non comprometterne il funzionamento in caso di rottura di uno dei meccanismi.

Le lamine possono essere accoppiate con un sistema di riscaldamento per ridurre l'escursione termica da 10°C-17°C tra chiusura e apertura fino a 1°C.

Venitian-blinds o vane louvers



Quando sono aperte le il radiatore è libero di scambiare calore. Quando sono chiuse queste schermano il radiatore e disaccoppiano termicamente questo con il resto.

Se si utilizzano sistemi di movimentazione singoli per pala, normalmente si usano attuatori bimetallici che devono essere in buon contatto termico con la pala stessa

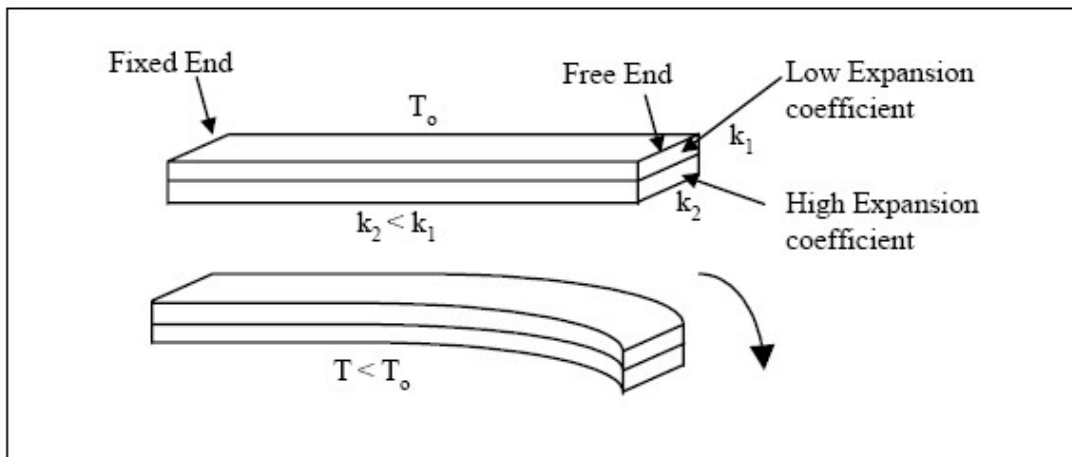


Figure 7-2. Bimetallic strip

Caratteristiche tecniche di alcuni prodotti

	OSC	Swales	Starsys
Blades	3 to 42		1 to 16
Open set points (°C)		0 to 40	-20 to 50
Open/close differential (°C)	10 or 18	10 or 18	14
Dimensions (cm)			
Length	20 to 110	27 to 80	8 to 43
Width	36 to 61	30 to 60	22 to 40
Height		6.4	6.4
Area (m ²)	0.07 to 0.6	0.08 to 0.5	0.02 to 0.2
Weight/area (kg/m ²) ^b	3.2 to 5.4	~ 4.5	5.2 to 11.6
Flight history	Nimbus, Landsat, OAO, ATS-6, Viking, GPS, SolarMax, AMPTE, SPARTAN, Hubble, Magellan, GRO, UARS, EUVE, TOPEX, GOES, MGS, MSP	XTE, Stardust	Rosetta ^c , Quickbird ^c JPL: ^d Mariner, Viking, Voyager, Galileo, MLS, Magellan, TOPEX, NSCAT, Cassini, Seawinds

Prestazioni di louver aperti e chiusi

La radiazione attraverso i louver si esprime con un'emissività effettiva ε_{eff} e un coefficiente di assorbimento effettivo α_{eff} nell'ipotesi di condizioni stazionarie tra un corpo a temperatura uniforme e lo spazio:

$$\frac{\dot{Q}}{A} = \varepsilon_{\text{eff}} \sigma T^4 - \alpha_{\text{eff}} S,$$

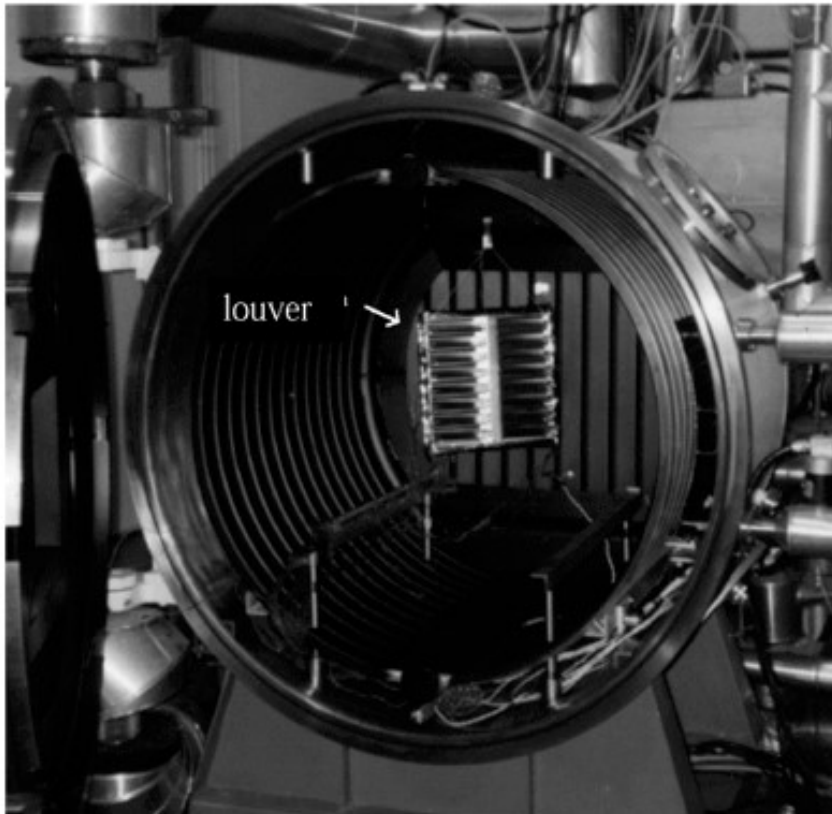
Dove Q è la potenza termica scambiata [W] dalla superficie del louver A [m^2], $\sigma = 5.668 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}^4)$, T temperatura assoluta [K] ed S la costante solare [W/m^2].

L'emissività effettiva è il rapporto tra il flusso di calore netto tra una superficie schermata e la radiazione emessa da un'equivalente superficie nera ($\varepsilon=1$) alla stessa temperatura, ma senza louver. Senza altre sorgenti termiche:

$$\varepsilon_{\text{eff}} = \frac{\dot{Q}}{A \sigma T^4}.$$

Test per valutare l'emissività efficace

L'equazione si basa sull'ipotesi dei corpi grigi. Lo scambio termico attraverso il louver coinvolge conduzione sul telaio e il sistema di schermatura dall'attuatore, le perdite di calore attraverso le aste delle pale, ecc. Questi effetti sono contenuti all'interno di ε_{eff} . Tale parametro è ricavato da test in camera criogenica sottovuoto.

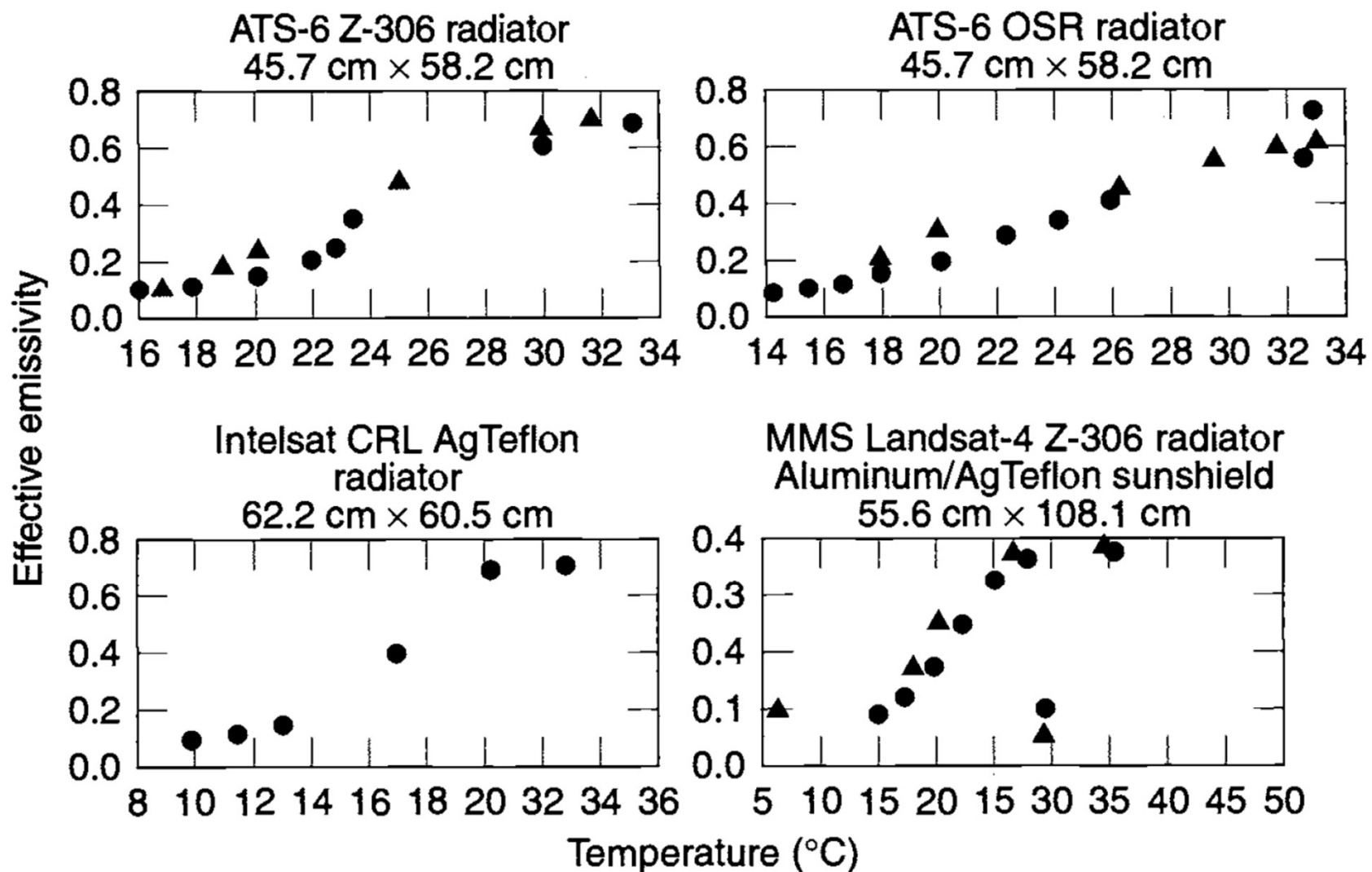


Un pannello strumentato viene isolato nella parte retrostante con MLI in modo da eliminare la radiazione dalla parte retrostante.

Vengono fatte diverse misure in condizioni stazionarie registrando le temperature in corrispondenza a diverse potenze termiche, ricavando ε_{eff} .

Valori sperimentali di emissività efficace

Andamento dell'emissività efficace in funzione della temperatura



Valori sperimentali di emissività efficace

Program Louver Size (cm)	Radiator Hemispherical Emittance	ϵ_{eff}		Radiator ^a ΔT (K)
		Open	Closed	
ATS-6 ^b 45.7 × 58.2	OSR $\epsilon = 0.77$	0.62	0.114	18.0
ATS-6 45.7 × 58.2	Z-306 $\epsilon = 0.88$	0.71	0.115	18.6
GPS 40.6 × 40.5	Z-306 $\epsilon = 0.88$	0.70	0.090	18.0
Intelsat CRL ^c 62.2 × 60.5	AgTEF $\epsilon = 0.76$	0.67	0.080	10.0
MMS Landsat-4 ^d 55.6 × 108.1	Z-306 $\epsilon = 0.88$	0.39	0.100	17.0

La variazione tra louver aperto (pedice 0) e chiuso (pedice c) può essere considerata lineare:

$$\epsilon_{\text{eff}} = \epsilon_c (\text{constant}), T \leq T_c$$

$$\epsilon_{\text{eff}} = \epsilon_o - \frac{\epsilon_o - \epsilon_c}{1 - T_c/T_o} (1 - T_c/T_o), T_c \leq T \leq T_o$$

$$\epsilon_{\text{eff}} = \epsilon_o (\text{constant}), T \geq T_o,$$

Talvolta invece della variazione lineare viene considerata una variazione quadratica tra louver aperto e chiuso:

$$\epsilon_{\text{eff}} = \epsilon_o - \frac{\epsilon_o - \epsilon_c}{(1 - T_c/T_o)^2} (1 - T/T_o)^2, T_c \leq T \leq T_o$$

Assorbimento efficace

L'assorbimento solare è la frazione di potenza solare incidente assorbita dall'unità di superficie del louver (A). Si deriva dalla prima equazione vista:

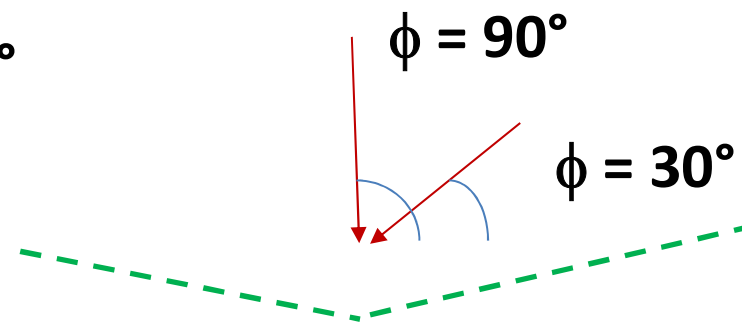
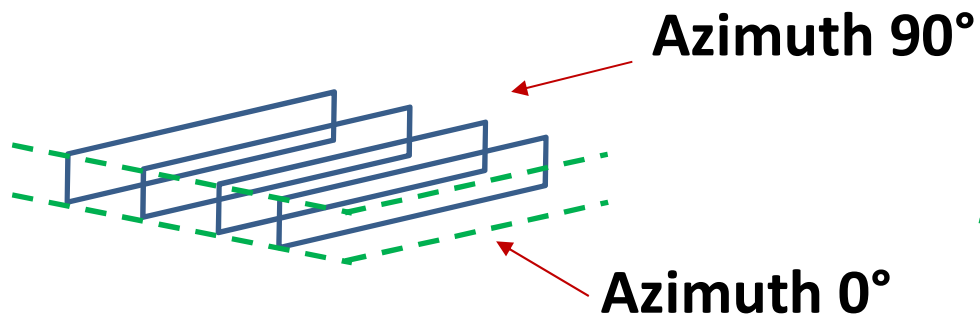
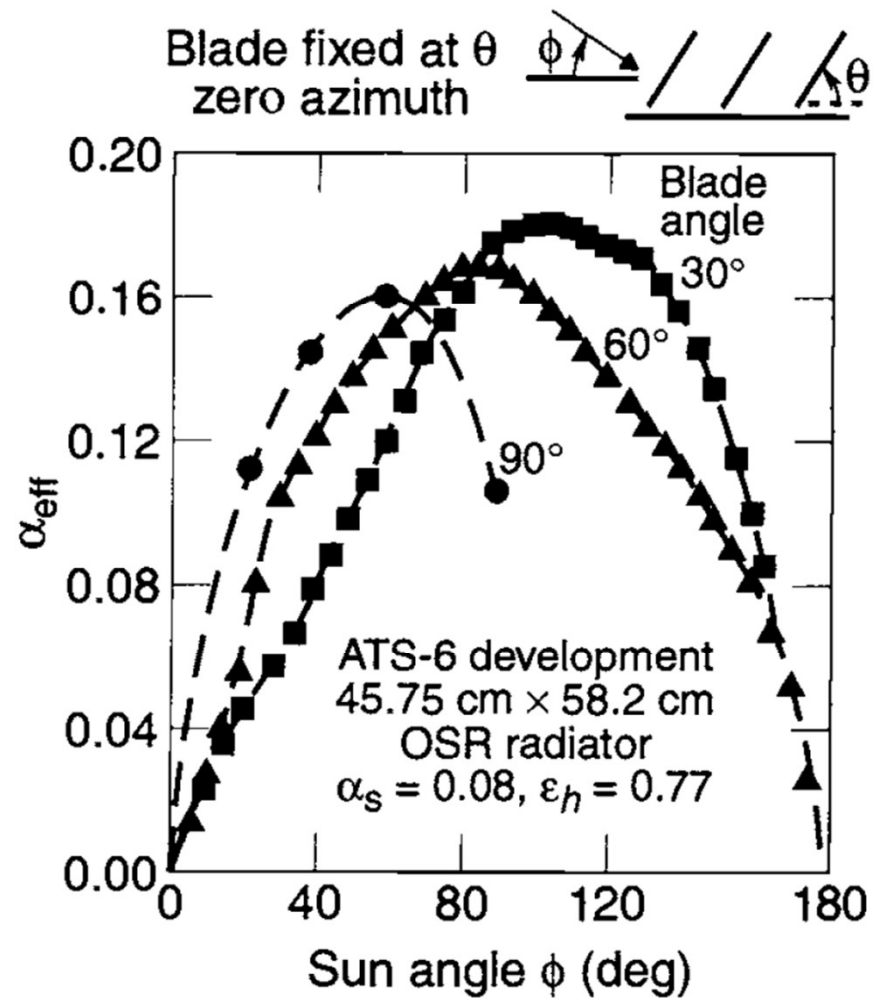
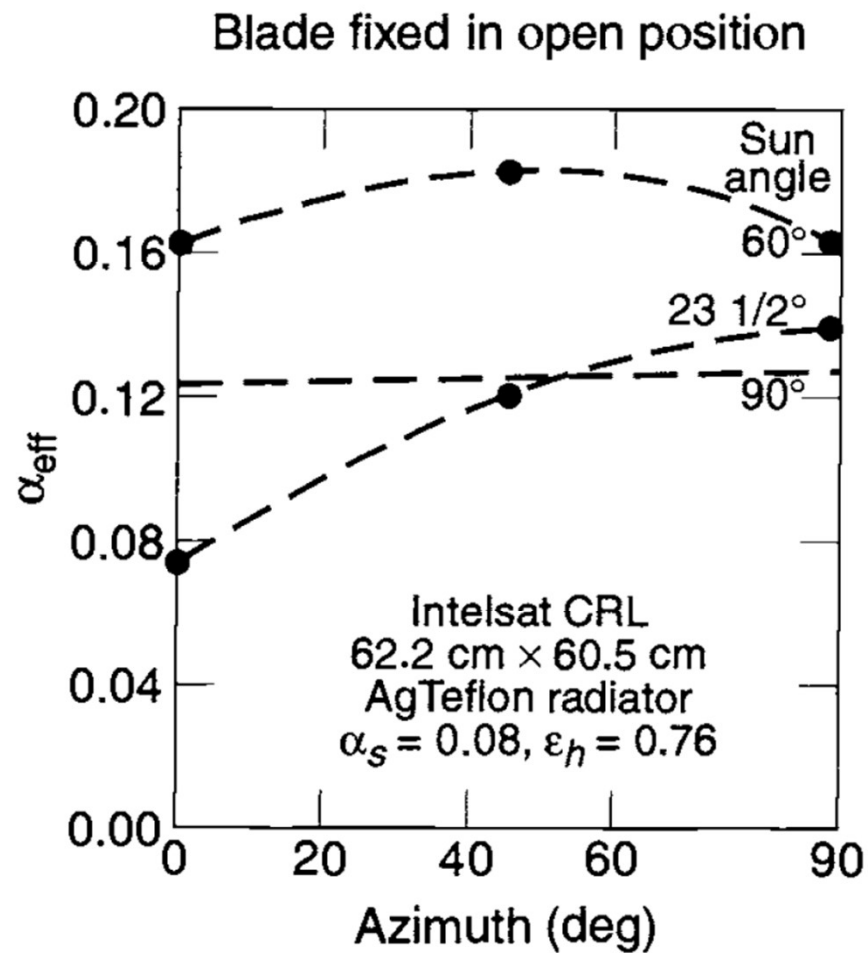
$$\alpha_{\text{eff}} = \frac{\varepsilon_{\text{eff}} \sigma T^4 - \dot{Q}/A}{S}$$

In questo caso il valore tiene conto delle multiriflessioni dei componenti riflettenti.

L'equazione si usa per la valutazione del parametro mediante test. Stesso apparato dell'emissività apparente, ma con un simulatore di radiazione solare.

Per calcolare l'assorbimento efficace occorre prima aver calcolato l'emissività efficace.

Pochi test di radiazione solare sono stati effettuati e le pubblicazioni sono scarse, soprattutto con cambiamento di angolo di incidenza.



I risultati sono stati ottenuti con coating del radiatore appena applicato. Per una valutazione di lungo termine e almeno per louvers tutti aperti è prassi aumentare ε_{eff} del rapporto di degrado del radiatore.

Un louver efficiente presenta

- basso assorbimento solare e alta emissività sulla superficie esterna
- alta emissività sulla superficie interna per aumentare lo scambio termico quando le pale sono aperte

I louvers funzionano molto bene nel campo dell'infrarosso, ma non nel campo della radiazione solare (radiazione solare filtrante e calore assorbito dal casing dell'attuatore). Quindi si tende a schermare i louvers. Questo comporta un ulteriore strato resistente, ma protegge dalla radiazione solare.

Louvers schermati e non schermati

Schermatura solare (sun shield): $\alpha_e = 0.14$

Schermatura solare (sun shield): $\varepsilon_e = 0.76$

Schermatura solare (sun shield): $\varepsilon_i = 0.88$

Radiatore: $\varepsilon_r = 0.88$

Emissività effettiva senza schermo: $\varepsilon_{\text{eff}} = 0.71$

Emissività effettiva con schermo: $F_e = 0.34$

Le proprietà per sistemi non schermati sono assunte come Intelsat CRL della tabella vista prima

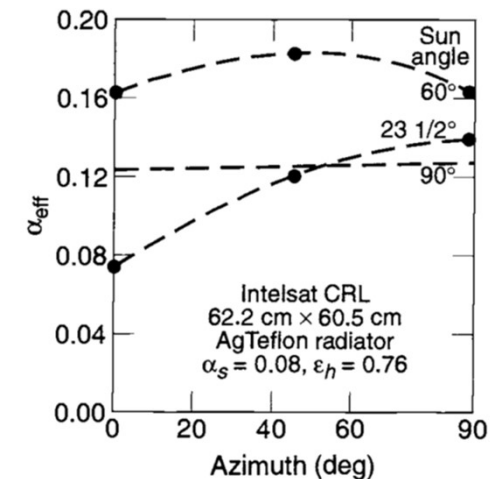
Emissività effettiva: $\varepsilon_{\text{eff}} = 0.67$

Assorbimento effettivo: α_{eff}

Costante solare 1350 W/m^2

Coefficiente di albedo 0.35

Radiazione terrestre 200 W/m^2

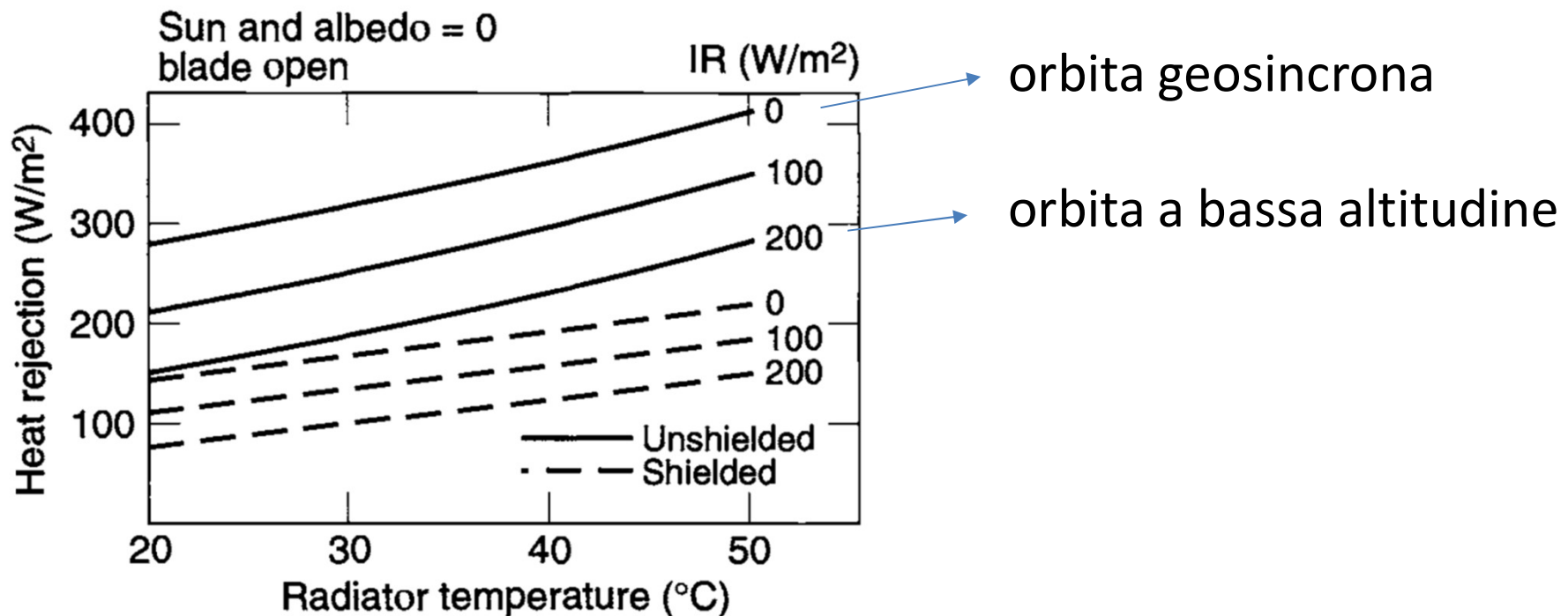


Caso 1: Radiazione solare e di albedo nulle

Per orbite in cui l'albedo è trascurabile (radiatore ombreggiato o in posizione opposta al sole il calore disperso da un radiatore è:

$$\left(\frac{\dot{Q}}{A}\right)_{\text{unshielded}} = \varepsilon_{\text{eff}}(\sigma T^4 - I) \quad \left(\frac{\dot{Q}}{A}\right)_{\text{shielded}} = F_e(\sigma T^4 - I)$$

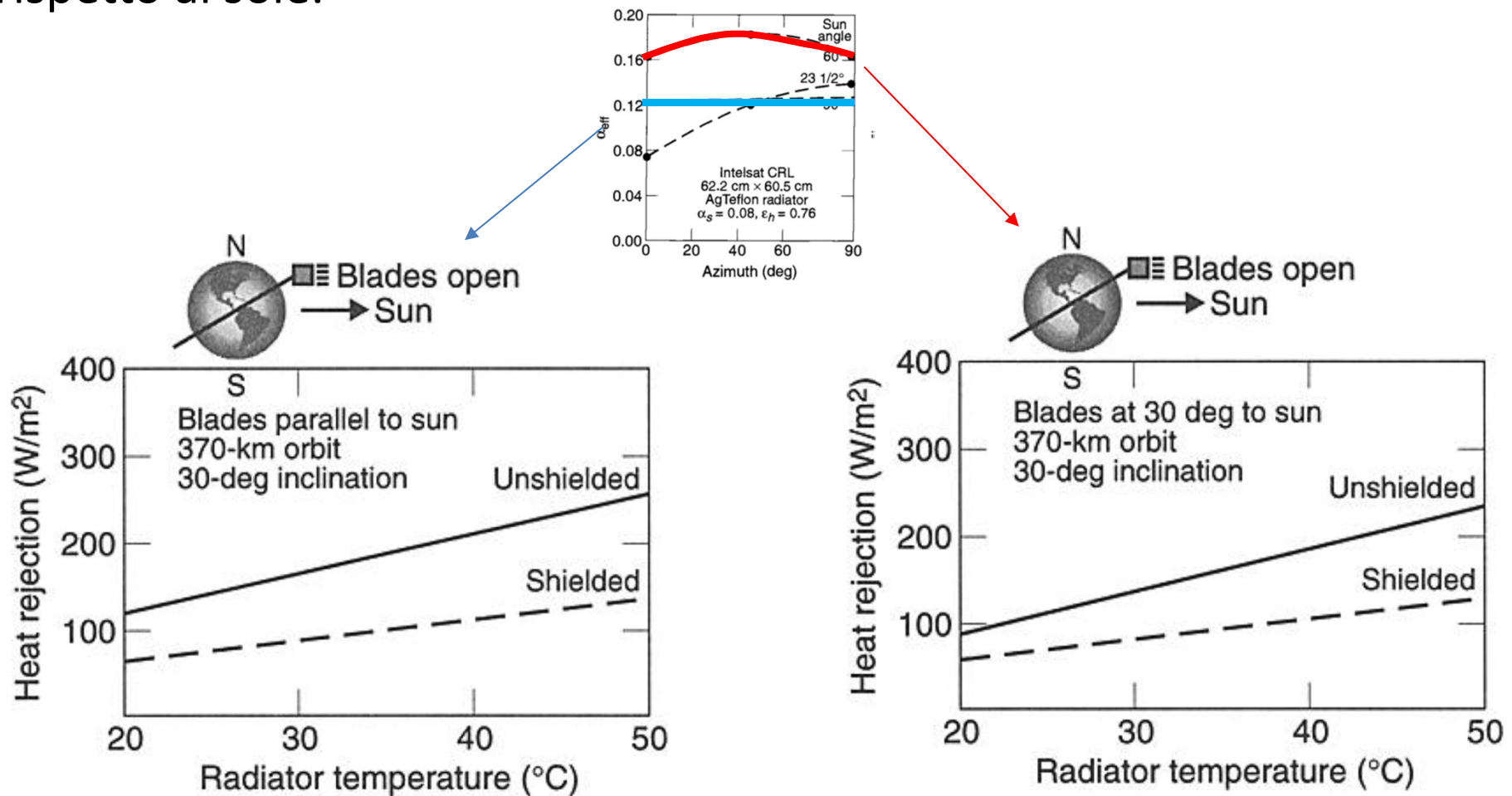
ε_{eff} (0.71) è doppio rispetto a F_e (0.34)



Caso 2: Basse orbite orientate verso il sole

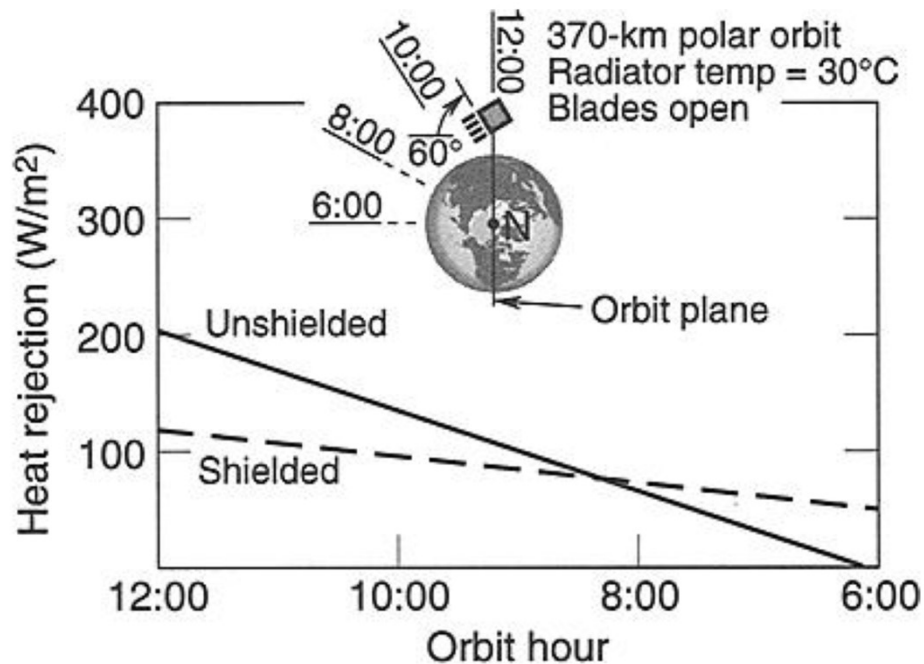
Satellite orientato verso il sole a 370 km altitudine, 30° inclinazione dell'orbita.

A sinistra le pale sono parallele al sole, a destra sono inclinate di 30° rispetto al sole.



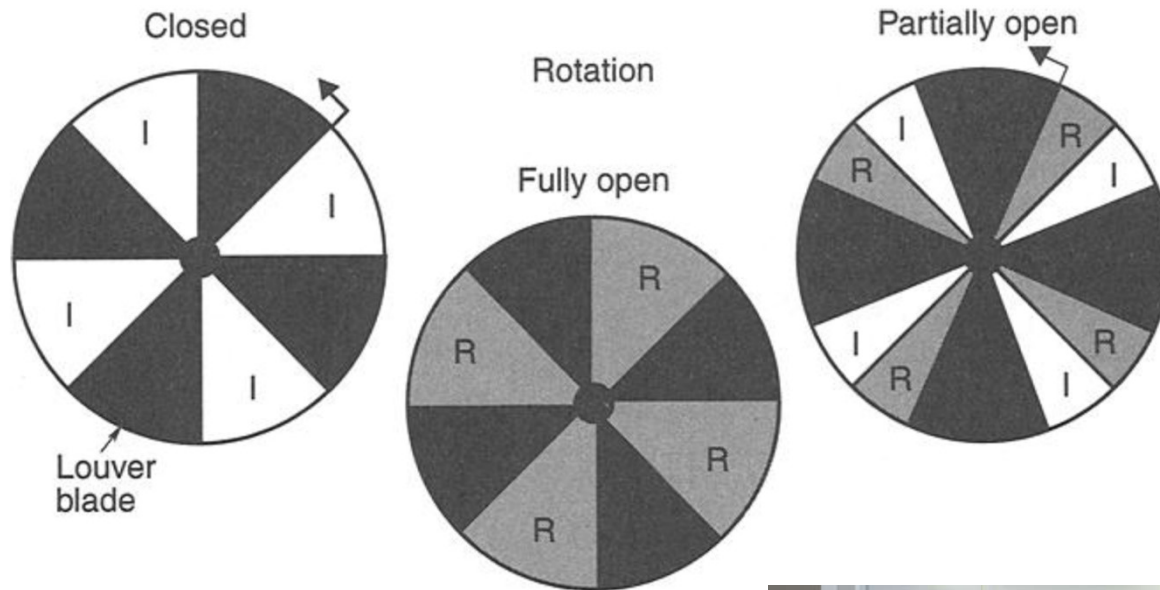
Caso 3: Basse orbite orientate verso il Terra

In orbite polari prossime alla Terra la somma di flussi termici terrestre e solare a cui può essere esposto un radiatore con louver è relativamente alto e risulta quasi costante quando il piano tra il sole e le pale varia tra 30° e 60° . Sotto i 30° è importante il flusso dalla Terra (50%). Per angoli maggiori il flusso terrestre diminuisce ed aumenta quello solare.



In questo caso la convenienza o meno a inserire la schermatura dipende dal periodo trascorso in ombra o al sole

Pinwheel louvers



Questo tipo di louver ha il vantaggio di essere di modeste dimensioni (altezza di pochi cm) e resistenti alla radiazione solare

