



PIRANOMETRI - ALBEDOMETRI - MISURATORE DI IRRADIAMENTO NETTO

PIRANOMETRI

Delta Ohm produce, in accordo alla norma ISO 9060 e alle raccomandazioni del WMO, i piranometri di 1ª Classe **LP PYRA 02**, **LP PYRA 12**, ed il piranometro di 2ª Classe **LP PYRA 03**. Sono strumenti robusti, affidabili, previsti per sopportare le avverse condizioni climatiche, sono adatti per installazioni in campo.

Impiego tipico: ricerche atmosferiche, stazioni meteorologiche, climatologia, agricoltura, ricerca nel settore del risparmio energetico, misura dell'efficienza di impianti fotovoltaici, etc.

I piranometri LP PYRA 02 e LP PYRA 03 misurano l'irradiazione solare globale nel campo spettrale 0.3µm ÷ 3µm. LP PYRA 12 grazie all'anello di schermo per la componente diretta, consente di misurare la sola componente diffusa della radiazione solare. I piranometri non richiedono alimentazione esterna, generano una tensione che tipicamente è:

$$10 \frac{\text{mV}}{\text{kW} \cdot \text{m}^2}$$

Ogni piranometro è tarato singolarmente con riferibilità al WRR (World Radiometric Reference) ed è accompagnato dal suo Rapporto di Taratura.

Caratteristiche tecniche	LP PYRA 02 / LP PYRA 12*	LP PYRA 03
Sensibilità tipica	10 µV/(W/m²)	
Impedenza	33 Ω ÷ 45 Ω	
Campo di misura	0 ÷ 2000 W/m²	
Campo di vista	2π sr	
Campo spettrale	305 nm ÷ 2800 nm W/m² (50%)	
Temperatura di lavoro	-40 °C ÷ 80 °C	
Peso	0.90 Kg	0.45 Kg
Caratteristiche tecniche secondo ISO 9060		
Tempo di risposta (95 %)	< 28 sec	< 30sec
Off-set dello zero		
a) risposta ad una radiazione termica (200 Wm ⁻²)	15 W/m²	25 W/m²
b) risposta ad un cambiamento della temperatura ambientale di 5K/h	<± 4W/m²	<± 6W/m²
3a) Instabilità a lungo termine (1 anno)	<± 1.51%	<± 2.51%
3b) Non linearità	<± 1%	<± 21%
3c) Risposta secondo legge del coseno	<±18W/m²	<±22W/m²
3d) Selettività spettrale	<±51%	<±71%
3e) Risposta in funzione della temperatura	< 4 %	< 8 %
3f) Risposta in funzione del Tilt	<± 21%	<± 41%
Anello di schermo per LP PYRA 12		
Peso		5.90 Kg
Diametro dell'anello		570 mm
Altezza dell'anello		54 mm
Diametro della base		300 mm

I piranometri sono disponibili anche con il segnale di uscita amplificato e convertito in un segnale in corrente 4...20mA o tensione 0...1Vdc, 0...5Vdc e 0...10Vdc.

CODICE DI ORDINAZIONE

LP PYRA 02: Piranometro di Prima Classe secondo ISO9060. Completo di: protezione LP SP1, cartuccia per i cristalli di silicagel, 2 ricariche, livella per la messa in piano, presa volante a 4 poli e Rapporto di Taratura. Sensibilità tipica 10µV/(W/m²). **Il cavo va ordinato a parte.**

LP PYRA 02AC: Piranometro di Prima Classe secondo ISO9060. Completo di: protezione LP SP1, cartuccia per i cristalli di silicagel, 2 ricariche, livella per la messa in piano, presa volante a 4 poli e Rapporto di Taratura. **Il cavo va ordinato a parte. Uscita del segnale in corrente 4...20mA.** 4mA= 0 W/m², 20mA= 2000W/m². Alimentazione: 10...30Vdc.

LP PYRA 02AV Piranometro di Prima Classe secondo ISO9060. Completo di: protezione LP SP1, cartuccia per i cristalli di silicagel, 2 ricariche, livella per la messa in piano, presa volante a 4 poli e Rapporto di Taratura. **Il cavo va ordinato a parte. Uscita del segnale in tensione 0...1Vdc, 0...5Vdc, 0...10Vdc.** 0Vdc = 0W/m², 1Vdc/5Vdc/10Vdc = 2000W/m². Alimentazione: 10...30Vdc (15...30Vdc per il modello con uscita 0...10Vdc).

LP S1: Kit composto da staffa per il fissaggio dei piranometri LP PYRA 02 ad un supporto cilindrico, completo di viti per la messa in piano e fissaggio.

LP SP1: Schermo di protezione per LP PYRA 02.

LP SG: Cartuccia per contenere i cristalli di silicagel completa di OR.

LP G: Confezione di 5 ricariche di silicagel

LP PYRA 03: Piranometro di Seconda Classe secondo ISO9060. Completo di livella per la messa in piano, presa volante a 4 poli e Rapporto di Taratura. Sensibilità tipica 10µV/(W/m²). **Il cavo va ordinato a parte.**

LP PYRA 03AC: Piranometro di Seconda Classe secondo ISO9060. Completo di livella per la messa in piano, presa volante a 4 poli e Rapporto di Taratura. Sensibilità tipica 10µV/(W/m²). **Il cavo va ordinato a parte. Uscita del segnale in corrente 4...20mA.** 4mA= 0 W/m², 20mA= 2000W/m². Alimentazione: 10...30Vdc.

LP PYRA 03AV: Piranometro di Seconda Classe secondo ISO9060. Completo di livella per la messa in piano, presa volante a 4 poli e Rapporto di Taratura. Sensibilità tipica 10µV/(W/m²).



LP PYRA 02



LP PYRA 02



LP PYRA 12



LP PYRA 03



LP PYRA 03

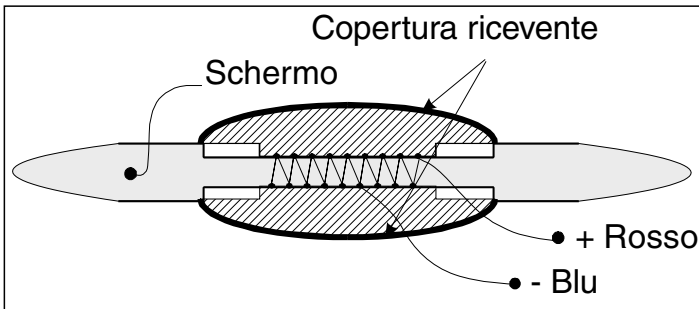


FIG. 1

Il cavo va ordinato a parte. Uscita del segnale in tensione 0...1Vdc, 0...5Vdc, 0...10Vdc. 0Vdc = 0W/m², 1Vdc/5Vdc/10Vdc = 2000W/m². Alimentazione: 10...30Vdc (15...30Vdc per il modello con uscita 0...10Vdc).

LP S2: Kit composto da supporto per il fissaggio dei piranometri LP PYRA 03, asta di sostegno. Nel kit sono comprese le viti di fissaggio del piranometro al supporto e lo schermo di protezione LP SP2.

LP SP2: Schermo di protezione.

LP PYRA 12: Piranometro (LP PYRA 02) di Prima Classe secondo ISO9060. Completo di: protezione LP SP1, anello di schermo per la luce diffusa, cartuccia per i cristalli di silicagel, 2 ricariche, livella per la messa in piano, presa volante a 4 poli e Rapporto di Taratura. Sensibilità tipica 10µV/(W/m²). **Il cavo va ordinato a parte.**

LP PYRA 12AC: Piranometro (LP PYRA 02) di Prima Classe secondo ISO9060. Completo di: protezione LP SP1, anello di schermo per la luce diffusa, cartuccia per i cristalli di silicagel, 2 ricariche, livella per la messa in piano, presa volante a 4 poli e Rapporto di Taratura. Sensibilità tipica 10µV/(W/m²). **Il cavo va ordinato a parte. Uscita del segnale in corrente 4...20mA.** 4mA = 0 W/m², 20mA = 2000W/m². Alimentazione: 10...30Vdc.

LP PYRA 12AV: Piranometro (LP PYRA 02) di Prima Classe secondo ISO9060. Completo di: protezione LP SP1, anello di schermo per la luce diffusa, cartuccia per i cristalli di silicagel, 2 ricariche, livella per la messa in piano, presa volante a 4 poli e Rapporto di Taratura. Sensibilità tipica 10µV/(W/m²). **Il cavo va ordinato a parte. Uscita del segnale in tensione 0±1Vdc, 0±5Vdc, 0±10Vdc.** 0Vdc = 0W/m², 1Vdc/5Vdc/10Vdc = 2000W/m². Alimentazione: 10...30Vdc (15...30Vdc per il modello con uscita 0...10Vdc).

CP AA 1.5: presa volante a 4 poli completa di cavo resistente agli UV, L=5m. Per gli strumenti LP PYRA 02 - 03 - 12 e LP Phot 02 - LP UVA 02.

CP AA 1.10: presa volante a 4 poli completa di cavo resistente agli UV, L=10m. Per gli strumenti LP PYRA 02... - 03... - 12... e LP Phot 02... - LP UVA 02... .

ALBEDOMETRI

Delta Ohm produce, due modelli di albedometri: **LP PYRA 05** costruito a partire da due piranometri di 1^a classe* e **LP PYRA 06** costruito a partire da due piranometri di 2^a Classe (secondo la norma ISO 9060 e le raccomandazioni del WMO).

L'albedometro è costituito da due piranometri uguali contrapposti, uno rivolto verso l'alto (cielo) l'altro rivolto verso il basso (terra). Il piranometro rivolto verso l'alto misura la radiazione globale (diretta + diffusa) incidente sul terreno mentre quello rivolto verso il basso misura la radiazione globale riflessa dal terreno.

Le uscite dei segnali elettrici dei due piranometri, (i due piranometri che compongono l'LP PYRA 05 sono accoppiati in modo da avere la stessa sensibilità) possono essere inviate ad un datalogger o ad un elaboratore automatico di dati.

L'albedo è la frazione di radiazione riflessa dal suolo rispetto alla radiazione incidente:

$$\text{ALBEDO} = \frac{\text{Radiazione Globale Riflessa}}{\text{Radiazione Globale Incidente}}$$

Con l'albedometro è possibile calcolare la radiazione netta ottenuta facendo la differenza tra la radiazione globale incidente e la radiazione globale riflessa.

Gli albedometri Delta Ohm misurano nel campo spettrale 0.3 µm ±3 µm. I piranometri che compongono i due albedometri, non richiedono alimentazione esterna, generano una tensione che tipicamente è:

$$10 \frac{\text{mV}}{\text{kW} \cdot \text{m}^2}$$

Ogni piranometro che compone l'albedometro è tarato singolarmente con riferibilità al WRR (World Radiometric Reference) ed è accompagnato dal suo Rapporto di Taratura. Sono strumenti robusti, affidabili, previsti per sopportare le avverse condizioni climatiche, sono adatti per installazioni in campo.

Impiego tipico: ricerche atmosferiche, stazioni meteorologiche, climatologia, rilievo di brina e neve sulle strade, agricoltura etc.

Caratteristiche tecniche	LP PYRA 05*	LP PYRA 06*
Sensibilità tipica	10 µV/(W/m ²)	
Impedenza	33 Ω + 45 Ω	
Campo di misura	0 - 2000 W/m ²	
Campo di vista	2π sr	
Campo spettrale	305 nm - 2800 nm W/m ² (50%)	
Temperatura di lavoro	-40 °C ÷ 80 °C	
Peso	1.35 Kg	1.1 Kg
Caratteristiche tecniche secondo ISO 9060		
Tempo di risposta (95 %)	< 28 sec	< 30sec
Off-set dello zero		
a) risposta ad una radiazione termica (200 W/m ²)	15 W/m ²	25 W/m ²
b) risposta ad un cambiamento della temperatura ambientale di 5K/h	< ± 4 W/m ²	< ± 6 W/m ²
3a) Instabilità a lungo termine (1 anno)	< ± 1.5 %	< ± 2.5 %
3b) Non linearità	< ± 1 %	< ± 2 %
3c) Risposta secondo legge del coseno	< ±18 W/m ²	< ±22 W/m ²
3d) Selettività spettrale	< ±5 %	< ±7 %
3e) Risposta in funzione della temperatura	< 4 %	< 8 %
3f) Risposta in funzione del Tilt	< ± 2 %	< ± 4 %

* I dati tecnici, escluso il peso, si riferiscono al piranometro che compone l'albedometro.

CODICE DI ORDINAZIONE

LP PYRA 05 Albedometro composto da due piranometri di Prima Classe secondo ISO9060.

Completo di: protezione superiore e inferiore, cartuccia per i cristalli di silicagel, 2 ricariche, livella per la messa in piano, asta di fissaggio Ø 16x600, presa volante a 7 poli e Rapporto di Taratura. Sensibilità tipica 10µV/(W/m²). **Il cavo va ordinato a parte.**

LP SP1: Schermo di protezione per l'albedometro LP PYRA 05 (piranometro alto).

LP SP3: Schermo di protezione per l'albedometro LP PYRA 05 (piranometro basso).

LP SG: Cartuccia per contenere i cristalli di silicagel completa di OR.

LP G: Confezione da 5 ricariche di cristalli di silicagel

LP PYRA 06 Albedometro composto da due strumenti di Seconda Classe secondo ISO9060.

Completo di: protezione superiore e inferiore, livella per la messa in piano, asta di fissaggio Ø 16x300, presa volante a 7 poli e Rapporto di Taratura. Sensibilità tipica 10µV/(W/m²). **Il cavo va ordinato a parte.**

CP AA 2.5 presa volante a 7 poli completa di cavo resistente agli UV, L=5m. Per gli strumenti LP PYRA 05 - LP PYRA 06 - LP UVB 02.

CP AA 2.10 presa volante a 7 poli completa di cavo resistente agli UV, L=10m. Per gli strumenti LP PYRA 05 - LP PYRA 06 - LP UVB 02.



LP NET 07

MISURATORI DI IRRADIAMENTO NETTO

LP NET 07 misura l'irradiamento netto attraverso una superficie, dal vicino ultravioletto al lontano infrarosso. Per irradiamento netto si intende la differenza tra l'irradiamento che arriva sulla superficie superiore e l'irradiamento sulla superficie inferiore del net-radiometro. La superficie ricevente superiore misura l'irradiamento solare diretto più quello diffuso e la radiazione a lunghezza d'onda lunghe emesse dal cielo (nuvole), mentre la superficie ricevente inferiore misura l'irradiamento solare riflesso dal suolo (Albedo) e la radiazione a lunghezza d'onda lunghe emessa dalla terra.

Lo strumento è progettato e costruito per essere impiegato all'aperto in qualsiasi condizione di tempo.

Oltre che in campo meteorologico per misure di bilancio energetico, l'LP NET 07 può essere utilizzato in interni per le misure di temperatura radiante (ISO 7726).

Principio di Funzionamento

Il net-radiometro LP NET 07 si basa su un sensore a termopila i cui giunti caldi sono in contatto termico con il ricevitore superiore mentre i giunti freddi sono in contatto termico con il ricevitore inferiore. La differenza di temperatura tra i due ricevitori è proporzionale all'irradiamento netto. La differenza di temperatura tra giunto caldo e giunto freddo è convertita in una Differenza di Potenziale grazie all'effetto Seebeck. I due ricevitori sono costituiti da una porzione di calotta sferica rivestita in teflon®. La particolare forma dei due ricevitori garantisce una risposta secondo la legge del coseno ottimale. Il rivestimento in teflon® oltre a permettere un'installazione all'aperto per lunghi periodi senza pericoli di danneggiamento consente di avere una risposta spettrale costante dall'ultravioletto (200nm) sino al lontano infrarosso (100µm).

Installazione e montaggio del net-radiometro per la misura della radiazione totale:

- L'LP NET 07 va installato in una postazione facilmente raggiungibile per una periodica pulizia delle due superfici riceventi. Per pulire le superfici si può utilizzare acqua o alcol etilico.
- Evitare che costruzioni, alberi od ostacoli di qualsiasi tipo proiettino la loro ombra sul net-radiometro durante il corso della giornata e delle stagioni.
- Quando il net-radiometro è utilizzato nell'emisfero NORD è regola orientarlo verso SUD, viceversa se lo si utilizza nell'emisfero SUD.
- Lo strumento va montato ad un'altezza di almeno 1.5 m dal suolo. Si deve tenere conto che il flusso sul ricevitore inferiore è rappresentativo di una superficie circolare con raggio di 10 volte l'altezza.
- Durante il montaggio del net-radiometro evitare, per quanto possibile, di toccare le superfici riceventi del net-radiometro.

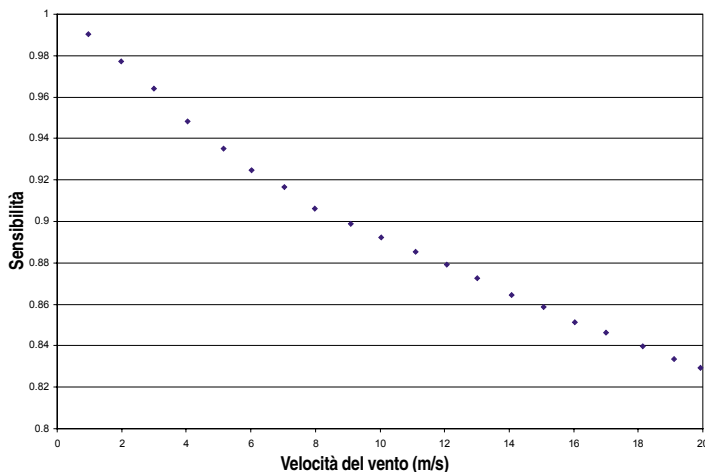


FIG. 2



LP PYRA 05



LP PYRA 05

Connessioni Elettriche e requisiti dell'elettronica di lettura:

- Il net-radiometro LP NET 07 non necessita di alimentazione.
- Viene fornito con cavo di segnale da 5 m.
- Il cavo in PTFE, resistente agli UV, è provvisto di 2 fili più la calza (schermo), il codice dei colori è il seguente:
 - nero → collegato con il contenitore
 - rosso → (+) positivo del segnale generato dal rivelatore
 - blu → (-) negativo del segnale generato dal rivelatore
 Lo schema elettrico è riportato nella figura 1.
- Va connesso ad un millivolmetro od ad un acquirente di dati con un'impedenza di ingresso di almeno 4000Ω. Tipicamente il segnale in uscita dal net-radiometro non supera i ±20 mV. La risoluzione consigliata dello strumento di lettura, per poter sfruttare appieno le caratteristiche del misuratore di radiazioni nette è di 1µV.

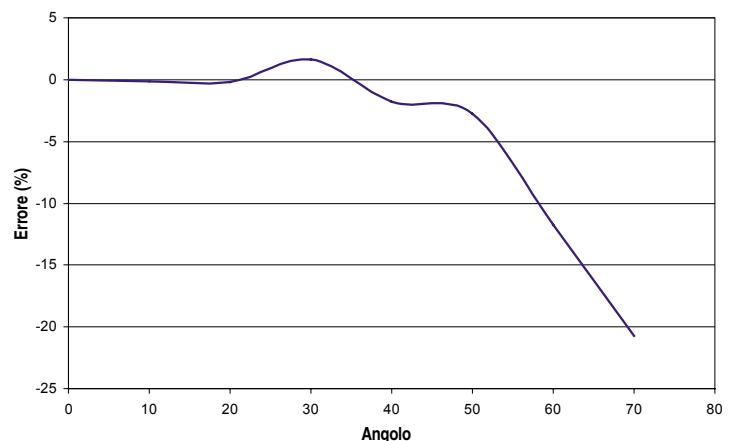


FIG. 3



LP PYRA 06

Manutenzione:

Al fine di garantire le caratteristiche dello strumento è necessario che le due superfici riceventi siano pulite, pertanto maggiore sarà la frequenza di pulizia dello strumento migliore sarà la precisione delle misure. La pulizia può essere eseguita con normali cartine per la pulizia di obiettivi fotografici e con acqua, se non fosse sufficiente usare Alcol ETILICO puro. Dopo la pulizia con l'alcol è necessario pulire nuovamente le cupole con sola acqua. E' buona norma eseguire la taratura dell'LP NET 07 con frequenza annuale. La taratura può essere eseguita per confronto con un altro net-radiometro campione direttamente sul campo. La taratura in campo, è meno precisa di una taratura eseguita in laboratorio ma offre il vantaggio di non dover smontare dalla sua sede lo strumento.

Taratura ed esecuzione delle misure:

La sensibilità del net-radiometro S (o fattore di calibrazione) permette di determinare il flusso radiante netto attraverso una superficie. **Il fattore S è dato in $\mu V/(W/m^2)$.**

- Misurata la differenza di potenziale (DDP) ai capi della sonda il flusso E_e si ottiene dalla seguente formula:

$$E_e = DDP/S$$

dove;

E_e : e' il flusso radiante espresso in W/m^2 ,

DDP: e' la differenza di potenziale espressa in μV misurata del voltmetro,



LP PYRA 06

- S: e' il fattore di calibrazione riportato sull'etichetta del net-radiometro (e sul rapporto di taratura) in $\mu V/(W/m^2)$.
- N.B. Se la differenza di potenziale è positiva l'irradiazione sulla superficie superiore è maggiore dell'irradiazione sulla superficie inferiore (tipicamente durante le ore diurne), se invece la DDP è negativa l'irradiazione sulla superficie inferiore è maggiore dell'irradiazione sulla superficie superiore (tipicamente durante le ore notturne).

Ogni net-radiometro è tarato singolarmente in fabbrica ed è contraddistinto dal proprio fattore di calibrazione.

La taratura, presso il laboratorio metrologico DeltaOhm, è eseguita **per confronto con un net-radiometro di riferimento con un simulatore solare come sorgente di luce. La taratura è eseguita con un fascio di luce parallela.**

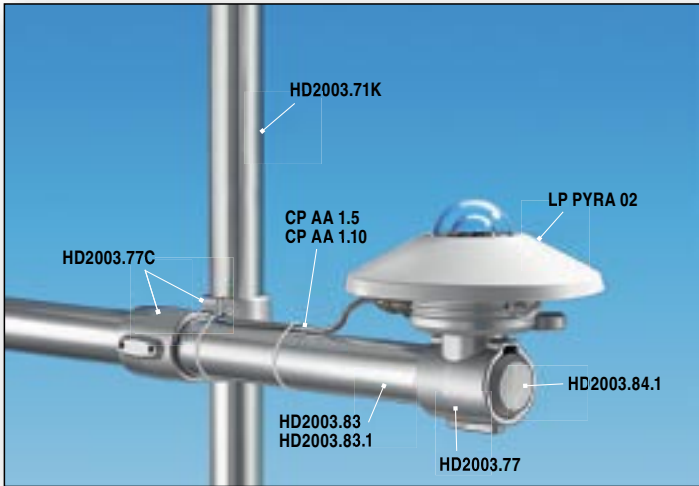
Sensibilità in funzione della velocità del vento:

A parità di flusso radiante aumentando la velocità del vento diminuisce il segnale di uscita del net-radiometro (la sensibilità diminuisce all'aumentare della velocità del vento). Le misure condotte in galleria del vento hanno mostrato che la sensibilità S_v in funzione della velocità del vento per LP NET 07, può essere approssimata dalle seguenti due funzioni:

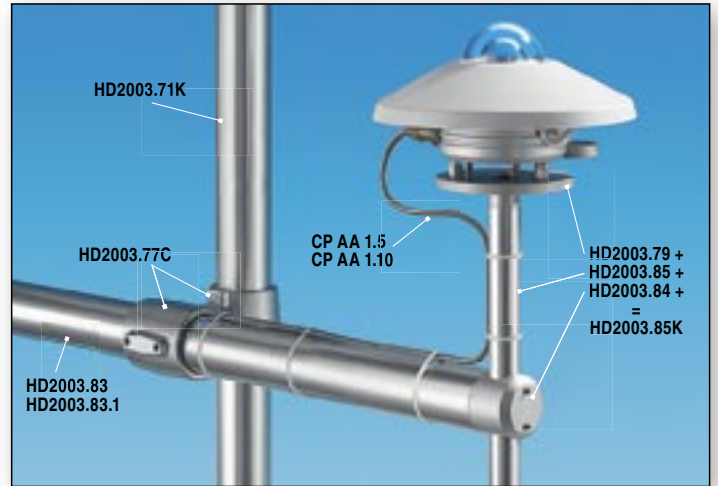
$$S_v = S_0(1 - 0.011 \times V) \quad \text{per } V \leq 10 \text{ m/s}$$

$$S_v = S_0(0.95 - 0.006 \times V) \quad \text{per } 10 \text{ m/s} < V < 20 \text{ m/s}$$

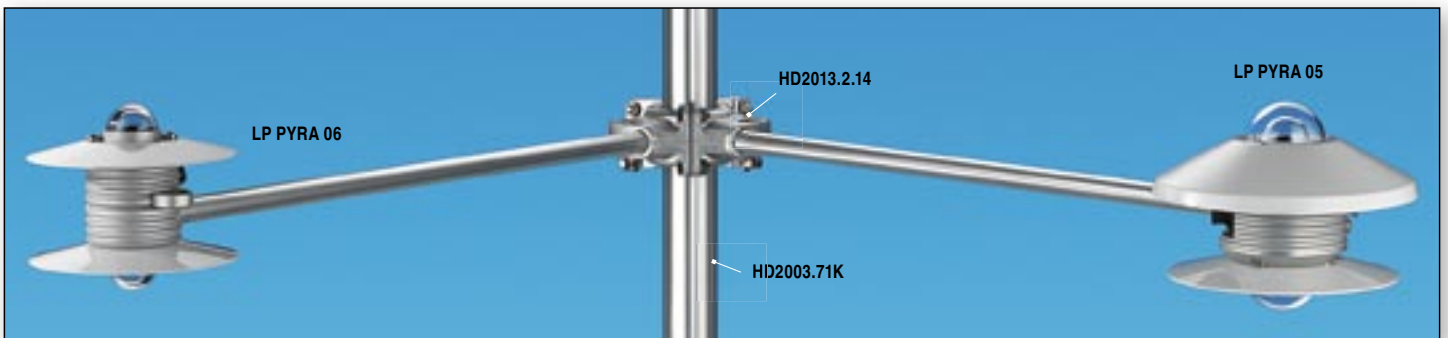
Dove: S_0 è la sensibilità per vento nullo
V è la velocità del vento in m/s



LP PYRA 02 + HD2003.77C + HD2003.77



LP PYRA 02 + HD2003.85K + HD2003.77C



HD2013.2.14 + LPPYRA05 + LPPYRA06

Nella figura 2 è riportato l'andamento del fattore di taratura in funzione della velocità del vento. In pratica una volta noto l'irradiamento netto calcolato utilizzando la sensibilità per vento nullo ($F_{net,0}$), e nota la velocità del vento (V) in m/s, il dato corretto si ottiene applicando la seguente formula:

$$F = F_{net,0} / (1 - 0.011 \times V) \quad \text{per } V \leq 10 \text{ m/s}$$

$$F_{net} = F_{net,0} / (0.95 - 0.006 \times V) \quad \text{per } 10 \text{ m/s} < V < 20 \text{ m/s}$$

Risposta secondo la legge del coseno:

L'irradiamento su una superficie deve essere misurato con un sensore la cui risposta, in funzione dell'angolo di incidenza della luce, sia lambertiana. Un ricevitore si dice lambertiano se la sua sensibilità (S_θ) in funzione dell'angolo di incidenza tra la luce e la superficie del rivelatore ha un andamento del tipo:

$$S_\theta = S_0 \cos(\theta)$$

Dove: S_0 è la sensibilità quando la luce incide perpendicolarmente alla superficie, θ è l'angolo tra la normale alla superficie e il fascio di luce incidente.

Nella figura 3 è riportato l'andamento tipico dell'errore (percentuale) in funzione dell'angolo di incidenza.

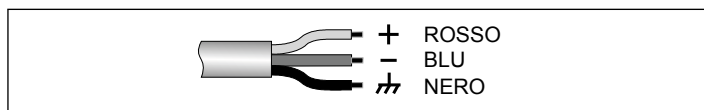
Caratteristiche tecniche:

Sensibilità tipica:	10 $\mu\text{V}/(\text{W}/\text{m}^2)$
Impedenza:	$2\Omega \pm 4\Omega$
Campo di misura:	$\pm 2000 \text{ W}/\text{m}^2$
Campo spettrale:	$0.2 \mu\text{m} \pm 100 \mu\text{m}$
Temperatura di lavoro:	$-40^\circ\text{C} \pm 80^\circ\text{C}$
Peso:	0.35 Kg
Tempo di risposta (95%):	<75 sec

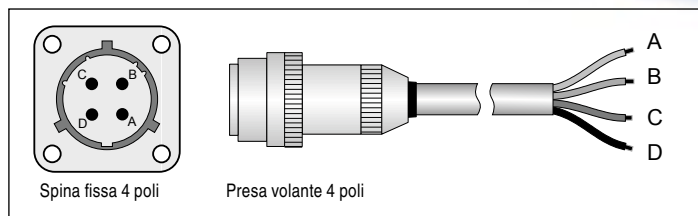
CODICE DI ORDINAZIONE

LP NET 07: Net-Radiometro. Cavo di collegamento 5 m standard. Lunghezza del cavo diverse a richiesta.

SCHEMA DI COLLEGAMENTO LP NET 07

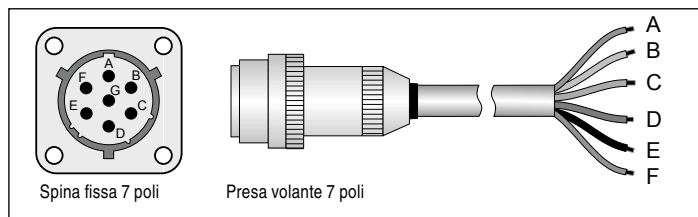


SCHEMA DI COLLEGAMENTO LP PYRA 02 - LP PYRA 03

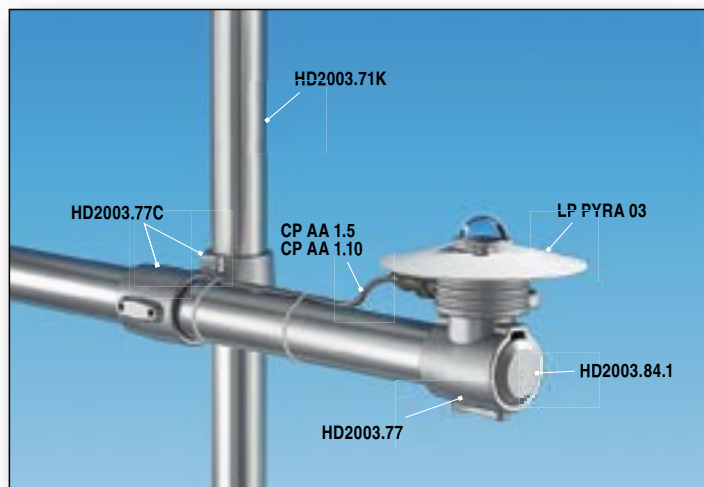


Connettore	Funzione	Colore
A	Schermo (\pm)	Nero
B	Positivo (+)	Rosso
C	Negativo (-)	Blu
D	Contenitore (\neq)	Bianco

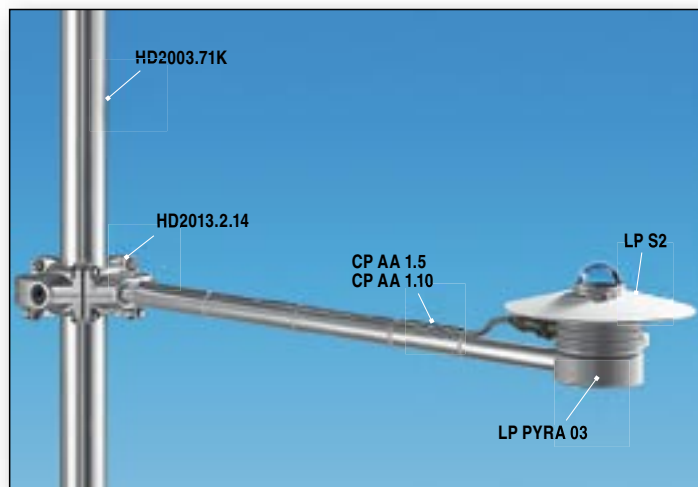
SCHEMA DI COLLEGAMENTO LP PYRA 05 - LP PYRA 06



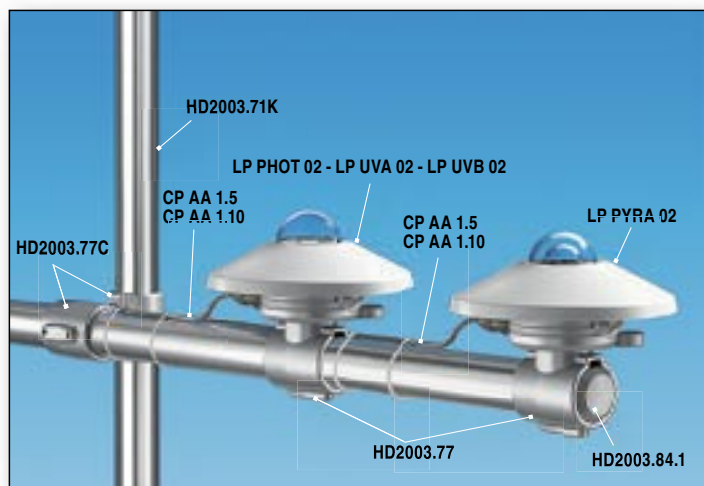
Connettore	Funzione	Colore
A	V out (+) generatore inferiore	Verde
B	Contenitore (\neq)	Bianco
C	V out (-) generatore superiore	Blu
D	V out (+) generatore superiore	Rosso
E	Schermo (\pm)	Nero
F	V out (-) generatore inferiore	Marrone



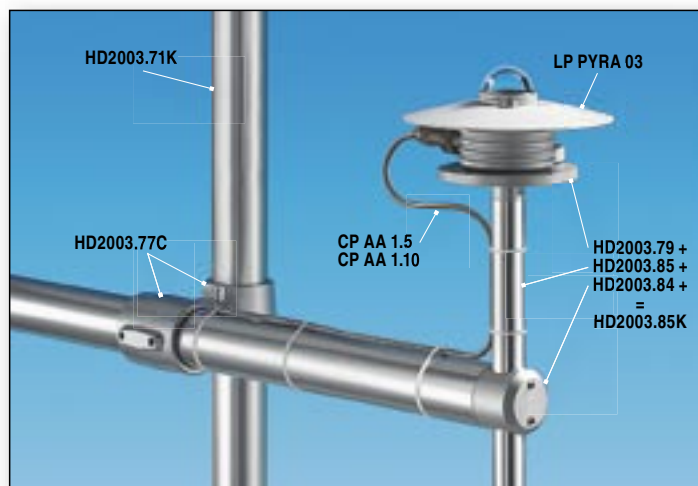
LP PYRA 03 + HD2003.77 + HD2003.77C



HD2013.2.14 + LP PYRA 03 + LP SP2 + LP S2



LP PYRA 02 + LP PHOT 02 + HD2003.77C + HD2003.77



LP PYRA 03 + HD2003.77C + HD2003.85K